ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ

LXI, № 3

1975

Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ա. ԱՐԶՈՒՄԱՆՅԱՆ, տեխն. 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, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ն. Հ. ՄԱՂԱՔՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Գ. Ս. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Օ. Մ. ՍԱՊՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Վ. 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. БУНЯТЯН, академик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, академик АН АрмССР (зам. отв. редактора), Н. 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 — ЕРЕВАН

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ա. Ա. Բաղիյան—*Միատոպ—հիֆֆլերի տիպի ֆունկցիաների հետ առընչված բնութագրիչ-հատկորդի տիպի քվազիպոլինոմները և <O, μ> մոմենտների պրոբլեմը* . 129

Ս. Գ. Հովսեփյան—*Տոպոլոգիական տարածությունների կիսատեգույար H-փակ ընդլայնումների բազմության կառուցվածքի մասին* 137

Գ. Վ. Վիրաբյան—*Գալինամիալ օպերատորային փնջի գծային արտապրիլների վերլուծության մասին* 141

ՖԻԶԻԿԱ

է. Հ. Հարությունյան, Ռ. Ռ. Կոստանյան, Վ. Ս. Մկրտչյան, Մ. Ա. Մկրտչյան—*Ինֆրակարմիր հատագայլման վերափոխումը տեսանելի LiNbO₃ բյուրեղում հելիում-նեոնային լազերի օգտագործմամբ* 148

ԱՐՏՐԱԼՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Տ. Ասլանյան, Ա. Ի. Լվիկին, Ռ. Գ. Վոլարովիչ, Ա. Վ. Հարությունյան—*Հաստատնի տարածքում երկրակեղևի և վերին պատյանի կազմի, կառուցվածքի և առաձգական հատկությունների մասին* 132

ՀԱՆՔԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ի. Կ. Գևորգյան, Յու. Ա. Դուդնիկով, Յու. Ա. Կլյուև, Վ. Ի. Նեպրա, Ա. Ռ. Գավրիլկո, Գ. Լ. Գլասաչով, Վ. Ս. Շմակով—*Հայաստանում ալմաստի բյուրեղների հայտնաբերման և առանձնահատկության մասին* 160

ԱՇԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ն. Լ. Ժալոյան, Մ. Ք. Ջայլախյան—*Ֆիզիոլոգիապես ակտիվ նյութերի առաջացումը սոյայի բույսերում, ակտիվ և ոչ ակտիվ համակեցության դեպքում* . . . 164

ԲԻՈՔԻՄԻԱ

Ա. Շ. Սաֆաեյան, Տ. Բ. Ադամյան, Մ. Մ. Գավրիլենկո-Կոլեսնիկովա—*Նաֆտալինի ազդեցությունը բրուցելյոզի դեմ հակամարմինագոյացման հակաինֆիրտորների առաջացման վրա* 171

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Հ. Ղազարյան, Հ. Մ. Մովսեսյան—*Ալևնածաղկի արմատներում աուքսինների և ինհիբիտորների ակտիվության վրա օրվա երկարության ազդեցության մասին* . . 175

ԵՆԹԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Հ. Միրզոյան, է. Ս. Մխեյան, է. Ա. Ասկոյան, Օ. Գ. Սոցկի—*Գանգլիոզիդների ազդեցության մեխանիզմներն ացետալքոլի արյան շրջանառության վրա* . . . 183

Журнал издается с 1944 года

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

МАТЕМАТИКА

Р. А. Багиян—Квазиполиномы типа Бернштейна—Хаусдорфа, ассоциированные с функциями типа Миттаг—Леффлера и $\langle p, \mu \rangle$—проблема моментов . . . 129

С. Г. Овсепян—О структуре на множестве полурегулярных H-замкнутых расширений топологических пространств . . . 137

Г. В. Вирабян—О разложении полиномиального операторного пучка на линейные множители . . . 141

ФИЗИКА

Э. А. Арутюнян, Р. Б. Костанян, В. С. Мкртчян, М. А. Мкртчян—Преобразование инфракрасного излучения в видимое на кристаллах $LiNbO_3$ с использованием гелий-неонового лазера . . . 148

ГЕОЛОГИЯ

А. Т. Асланян, М. П. Воларович, А. И. Левыкин, А. В. Арутюнян—О составе, строении и упругих характеристиках земной коры в верхней мантии на территории Армении . . . 152

МИНЕРАЛОГИЯ

Р. Г. Геворкян, Ю. А. Дуденков, Ю. А. Клюев, В. И. Непша, А. С. Павленко, Г. Л. Платонов, В. С. Шмаков—О находке и исследовании кристаллов алмаза в Армении . . . 160

МИКРОБИОЛОГИЯ

Н. Л. Каладжян, М. Х. Чайлахян—Образование физиологически активных веществ в растениях сои при активном и неактивном симбиозе . . . 164

БИОХИМИЯ

С. Ш. Саканян, Ф. Б. Адамян, М. М. Павленко-Колесникова—Влияние наганина на динамику образования антиингибиторов антителегенеза бруцеллеза . . . 171

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. О. Казарян, Г. М. Мовсисян—О влиянии длины дня на активность ауксинов и ингибиторов в корнях подсолнечника . . . 175

ФАРМАКОЛОГИЯ

С. А. Мирзоян, Э. Е. Мхеян, Э. С. Секоян, О. П. Соцкий—О механизмах действия ганглиозидов на мозговое кровообращение . . . 183

© Издательство АН Армянской ССР, 1975 г.

Индекс 77730

CONTENTS

MATHEMATICS

R. A. Baghian—Quasipolynomials of Bernstein—Hausdorff type associated with functions of Mittag—Löffler tybe and the $<\rho, \mu>$ problem of moments . 129

S. G. Ovsepian—On the structure of the set of semiregular H—closed extensions of topological spaces 137

G. V. Virabian On decomposition of polynomial operator bunch into linear factors. 141

PHYSICS

E. A. Arutunian, R. B. Kostanian, V. S. Mkrtchian, M. A. Mkrtchian Infrared radiation up—conversion into visible in crystals $LiNbO_3$ with the use of helium neon laser 148

GEOLOGY

A. T. Asłanian, M. P. Volarovich, A. I. Levikin, A. V. Harutunian—About the composition of the structure and elastic characteristics of the earth's crust and the upper mantle on the territory of Armenia 152

MINERALOGY

R. G. Gevorkian, U. A. Dudenkov, U. A. Kluev, V. I. Nepsha, A. S. Pavenko, G. L. Platonov V. S. Shamkov—The discovery and study of the first diamond crystals found in Armenia. 160

MICROBIOLOGY

N. L. Kaludgian, M. Kh. Chailakhian—The formation of physiological active substances in the plants of coybean by active and inactive symbiose. . 164

BIOCHEMISTRY

S. Sh. Sakanian, F. B. Adamian, M. M. Palvenko-Kolesnikova—Effect of naganin on the dynamic of production of antiinhibitors in the antibody genesis against brucellosis. 171

PLANT PHYSIOLOGY

V. O. Kazarian, H. M. Movsissian—The influence of daylength on the activity of auxins inhibitors in sunflower roots. 175

PHARMACOLOGY

S. A. Mirzoyan, E. V. Mkheyan, E. S. Sekoyan, O. P. Solski—On the mechanism of the action of gangliozides on the cerebral circulation. . . . 183

Технический редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН

ВФ 09071 Подписано к печати 9.12.1975. Тираж 545. Изд. 4334. Заказ 719
Формат бумаги 70×108¹/₁₆ Печ. л. 4,25 Бум. л. 2,94
Усл. печ. л. 5,9 Уч. изд. листов 4.5

Издательство АН Армянской ССР, Ереван, Барекамутян, 24
Эчмиадзинская типография Издательства АН Армянской ССР

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 517.53

МАТЕМАТИКА

Р. А. Багиян

Квазиполиномы типа Бернштейна—Хаусдорфа, ассоцинированные с функциями типа Миттаг—Леффлера и $<\rho, \mu>$ — проблема моментов

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. М. Джрбашяном 6/VI 1975)

Целые функции типа Миттаг—Леффлера

$$E_\rho(z, \mu)=\sum_{k=0}^{\infty}\frac{z^k}{\Gamma\left(\mu+\frac{k}{\rho}\right)}, \quad (0<\rho<+\infty, \ -\infty<\mu<+\infty) \tag{1}$$

нашли уже важные применения во многих задачах анализа ([1,2]).

Настоящая заметка посвящена еще одному применению этих функций, а именно, построению ассоцинированных с ними квазиполиномов типа Бернштейна—Хаусдорфа, а также некоторым обобщениям проблемы моментов Ф. Хаусдорфа.

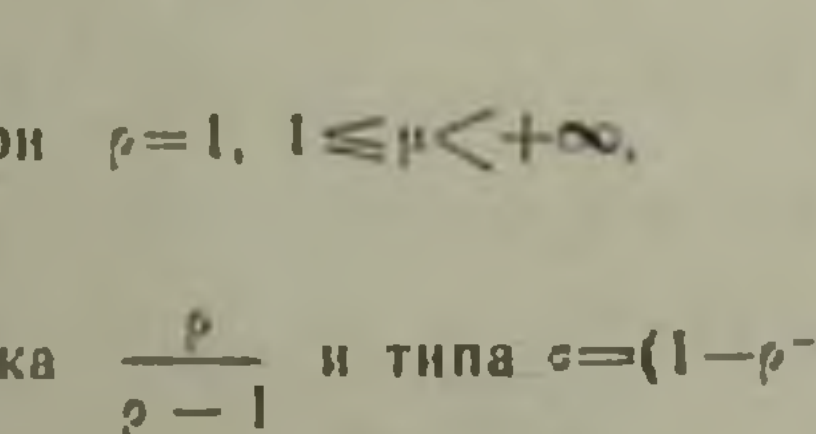
В статье ([3]) было доказано, что функция $E_\rho(-x, \mu)$ на полуоси $[0, +\infty)$ вполне монотонна для значений параметров $1\leqslant\rho<+\infty$, $\frac{1}{\rho}\leqslant\mu<+\infty$. При этом было установлено, что на всей плоскости $s=\sigma+it$ справедливо интегральное представление

$$E_\rho(s, \mu)=\begin{cases}\int_0^\infty e^{st}\Phi_{\rho,\mu}(t)dt, & \text{при } 1<\rho<\infty, \ \frac{1}{\rho}\leqslant\mu<+\infty\\ \int_0^\infty e^{st}d\alpha_\mu(t) & \text{при } \rho=1, \ 1\leqslant\mu<+\infty,\end{cases} \tag{2}$$

где $\Phi_{\rho,\mu}(s)$ целая функция порядка $\frac{\rho}{\rho-1}$ и типа $\sigma=(1-\rho^{-1})\rho^{-\frac{1}{\rho-1}}$ обладающая свойствами

$$\Phi_{\rho,\mu}(t)\geqslant 0, \quad t\in[0, +\infty), \ \Phi_{\rho,\mu}(t)\in L(0, +\infty)$$

$$\alpha_\mu(t)=\begin{cases}\frac{1-(1-t)^{\mu-1}}{\Gamma(\mu)}, & 0\leqslant t\leqslant 1\\ \frac{1}{\Gamma(\mu)}, & 1<t<+\infty\end{cases} \tag{3}$$



1°. Для любого $\varepsilon(0<\varepsilon<+\infty)$ и $\beta(0<\beta<\pi)$ обозначим через $\gamma(\varepsilon, \beta)$ бесконечный контур в плоскости ζ, пробегаемый в направлении неубывания $\arg\zeta$ и состоящий из лучей $\arg\zeta=-\beta$ $(\varepsilon\leqslant|\zeta|<\infty)$ и дуги $l(\varepsilon, \beta\,|\,-\beta\leqslant\arg\zeta\leqslant\beta)$ окружности $|\zeta|=\varepsilon$, соединяющей концы $\varepsilon\exp|\mp i\beta|$ этих лучей.

Пусть $|\lambda_j|_0^\infty$ — произвольная, неубывающая последовательность положительных чисел. Для любого $n\geqslant 0$ и $0\leqslant k\leqslant n$ обозначим через $s_{k,j}$ $(0\leqslant j\leqslant n)$ кратность появления числа λ_k на отрезке $|\lambda_0, \ldots, \lambda_n|$, заметим при этом, что $s_{k,j}\leqslant s_{k,j+1}\leqslant s_k$ и приняв $s_0=1$. Обозначим далее через $p_{k,j}(n)$ кратность появления λ_k на отрезке $|\lambda_j, \ldots, \lambda_n|$ и положив $p_{k,j}(n)=p_k(n)$.

Для любого n $(0\leqslant n<+\infty)$ введем в рассмотрение систему функций

$$\omega_{n,k}^{(\rho,\mu)}(x)\overset{\text{def}}{=}\left|\Gamma(\mu)\prod_{j=k+1}^{n}\lambda_j\right|x^{\rho(1-\mu)}\frac{1}{2\pi i}\int_{\gamma(\varepsilon,\beta)}\frac{e^{x\zeta^\rho}\zeta^{\rho(1-\mu)}}{\prod_{j=k}^{n}(\zeta+\lambda_j)}d\zeta=$$

$$=\left|\Gamma(\mu)\prod_{j=k+1}^{n}\lambda_j\right|\sum_{j=k}^{n}c_{k,j}^{(n)}E_\rho^{(j)}(-\lambda_j x,\mu)x^{\rho\mu-1},\quad(0\leqslant k\leqslant n,\ n=0,1,2,\ldots) \tag{4}$$

где

$$c_{k,j}^{(n)}=\frac{1}{\Gamma(s_{k,j})\Gamma(p_{k,j}(n)-s_{k,j}+1)}\cdot\frac{d^{p_{k,j}(n)-s_{k,j}}}{d\zeta^{p_{k,j}(n)-s_{k,j}}}\left|\prod_{\substack{\nu=k\\ \lambda_\nu=\lambda_j}}^{n}(\zeta+\lambda_\nu)^{-1}\right|_{\zeta=-\lambda_j}. \tag{5}$$

Заметим, что в случае возрастающей последовательности $|\lambda_j|_0^\infty$ $s_{k,j}=p_{k,j}(n)=1$ $(0\leqslant k\leqslant j\leqslant n)$ и из (5) будем иметь

$$c_{k,j}^{(n)}=\frac{1}{\prod_{\substack{\nu=k\\ \nu\neq j}}^{n}(\lambda_\nu-\lambda_j)} \tag{5'}$$

Важнейшие свойства системы функций (4) содержатся в следующих леммах.

Лемма 1. а) *Пусть* $1\leqslant\rho<+\infty$ и $\frac{1}{\rho}\leqslant\mu<+\infty$, *тогда функции* $|\omega_{n,k}^{(\rho,\mu)}(x)|$ *непрерывны и неотрицательны на замкнутой полуоси* $|0, +\infty|$. *При* $\lambda_0=0$

$$\sum_{k=0}^{n}\omega_{n,k}^{(\rho,\mu)}(x)=1,\quad 0\leqslant x\leqslant+\infty,\quad 0\leqslant n<+\infty \tag{6}$$

причем

$$0\leqslant\omega_{n,k}^{(\rho,\mu)}(x)\leqslant 1,\quad 0\leqslant k\leqslant n. \tag{6'}$$

б) *Система функций* (4) *связана с системой* $|\omega_{n,k}(x)\equiv\omega_{n,k}^{(1,1)}(x)|$ *следующими равенствами*

$$\omega_{n,k}^{(\rho,\mu)}(x)=\Gamma(\mu)\int_0^{\pi}\omega_{n,k}(x,t)\Phi_{\rho,\mu}(t)dt,\quad 0\le k\le n,\ n=0,\ 1,\ 2,\ \ldots \tag{7}$$

Лемма 2. *Для любого* n $(1\leqslant n<+\infty)$ *и* $\lambda\in(0,\ +\infty)$

$$E_\rho(-\lambda x,\mu)=\sum_{k=0}^{n}\left[\frac{1}{\Gamma(\mu)}\prod_{j=k+1}^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\lambda_j}\right)\right]\omega_{n,k}^{(\rho,\mu)}(x)+R_n^{(\rho,\mu)}(x,\lambda), \tag{8}$$

где

$$R_n^{(\rho,\mu)}(x,\lambda)=x^{n(1-\rho)}\left|\prod_{j=0}^{n}(\lambda_j-\lambda)\right|\frac{i}{2\pi}\int_{\gamma(R,\pi)}\frac{e^{\zeta^{\rho}x}\zeta^{\rho\mu-\rho}}{(\zeta^{\rho}+\lambda)\prod_{j=0}^{n}(\zeta^{\rho}+\lambda_j)}d\zeta. \tag{9}$$

Устанавливается, что

$$r_n(x,\lambda)=R_n^{(1,1)}(x,\lambda)=P_n(\lambda)\cdot Q_n(x,\lambda),$$

где

$$P_n(\lambda)=-\lambda\prod_{j=1}^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\lambda_j}\right),$$

$$Q_n(x,\lambda)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\gamma(R,\pi/2)}\frac{e^{x\zeta}}{\zeta(\zeta+\lambda)\prod_{j=1}^{n}\left(1+\frac{\zeta}{\lambda_j}\right)}d\zeta,\quad x\in(0,\ +\infty)$$

При этом справедлива

Лемма 3. *При любых* $0<r<R<+\infty$ *и* $\delta>0$ *имеют место оценки*

$$\max_{r\le\lambda\le R}|P_n^{(p)}(\lambda)|\leqslant C_p(r,R)\exp\left\{-\frac{r}{4}\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{\lambda_j}\right\},\quad (p=0,\ 1,\ 2,\ \ldots) \tag{10}$$

и

$$\max_{0<x<+\infty}|Q_n^{(p)}(x,\lambda)|\leqslant C_p^{*}(\delta,r,R)\exp\left\{\delta\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{\lambda_j}\right\}+\frac{1}{\lambda^{p+1}},\quad r\leqslant\lambda\leqslant R, \tag{11}$$

где $C_p(r,R)$ *и* $C_p^{*}(\delta,r,R)$ *— постоянные, не зависящие от* n.

2°. Повсюду в дальнейшем предполагается, что *неубывающая* последовательность $\{\lambda_j\}_0^{\infty}$ удовлетворяет условиям

$$\lambda_0=0,\quad \lim_{n\to\infty}\lambda_n=+\infty,$$

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\lambda_n}=+\infty. \tag{12}$$

Далее, для любой функции $f(x)\in C[0,\ +\infty]$, т. е. непрерывной на полуоси $[0,\ +\infty]$ под ее нормой $\|f\|_{\infty}$ будем понимать число $\|f\|_{\infty}=\sup_{x\in[0,+\infty]}|f(x)|$.

На основании (8) и (9) при $\rho=\mu=1$ и свойств (10), (11) леммы 2 устанавливается следующая

Теорема 1. *Пусть последовательность* $\{\lambda_n\}_0^{\infty}$ *удовлетворяет условиям* (12). *Тогда для всех* $\lambda(0<\lambda<+\infty)$, *притом равномерно в любом промежутке* $r\leqslant\lambda\leqslant R$ $(0<r<R<+\infty)$ *будем иметь*

$$\lim_{n\to\infty} \| e^{-\lambda_n x} x^p - \sum_{k=0}^{n} a_{k,n}^{(p)}(\lambda) w_{n,k}(x) \|_\infty = 0, \quad (p = 0, 1, 2, \ldots) \tag{13}$$

где

$$a_{k,n}^{(p)}(\lambda) = (-1)^p \frac{d^p}{d\lambda^p} \left\{ \prod_{j=k+1}^{n} \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_j} \right) \right\}. \tag{13'}$$

Следствие. *При* $p = 0$ *и* $\lambda \in [0, +\infty)$ *имеем* (6)

$$\lim_{n\to\infty} \| e^{-\lambda x} - \sum_{k=0}^{n} \left| \prod_{j=k+1}^{n} \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_j} \right) \right| w_{n,k}(x) \|_\infty = 0, \quad x \in [0, +\infty).$$

Далее доказывается

Теорема 2. *Если последовательность* $\{\lambda_k\}_0^\infty$ *удовлетворяет условиям* (12), *то для произвольной непрерывной на* $[0, \infty]$ *функции* $f(x)$

$$\lim_{n\to\infty} \| f(x) - \sum_{k=0}^{n} f(\sigma_{n,k})\, w_{n,k}(x) \|_\infty = 0,$$

где

$$\sigma_{n,k} = \sum_{j=k+1}^{n} \frac{1}{\lambda_j}.$$

Из теоремы 2 в качестве простого следствия вытекают как при $0 < \lambda < \infty$

$$\lim_{n\to\infty} \| e^{-\lambda x} x^p - \sum_{k=0}^{n} e^{-\lambda \sigma_{n,k}} \sigma_{n,k}^p w_{n,k}(x) \|_\infty = 0, \quad x \in [0, +\infty] \tag{14}$$

так и с помощью теоремы 1

$$\lim_{n\to\infty} \| \sum_{k=0}^{n} e^{-\lambda \sigma_{n,k}} \sigma_{n,k}^p w_{n,k}(x) - \sum_{k=0}^{n} (-1)^p \frac{d^p}{d\lambda^p} \left\{ \prod_{j=k+1}^{n} \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_j} \right) \right\} w_{n,k}(x) \|_\infty = 0 \tag{15}$$

для любого $p = 0, 1, 2, \ldots$.

По поводу теоремы 2 отметим, что в случае возрастающей последовательности $\{\lambda_n\}_0^\infty$ методом, отличным от приведенного здесь, она впервые была установлена Хаусдорфом (см. [4], стр. 288—291)*).

Из теоремы 2 и леммы 1 следует

Теорема 3. *Пусть выполнены условия теоремы* 1. *Тогда при* $\lambda \in [0, +\infty)$

$$\lim_{n\to\infty} \| E_\rho(-\lambda x, \mu) - \frac{1}{\Gamma(\mu)} \sum_{k=0}^{n} e^{-\lambda \sigma_{n,k}} w_{n,k}(x) \|_\infty = 0$$

Обозначим через $F_{\rho,\mu}[f]$ множество функций $F(x)$, представимых в виде

---

*) Значительно позже, в 1949 году, результат Ф. Хаусдорфа был повторен Хиршманом и Уиллером (см. [6], а также [7]).

$$F(x)=\Gamma(\mu)\int_0^{\infty} f(xt)\ \Phi_{\rho,\mu}(t)dt,\ \left(1<\rho<+\infty,\frac{1}{\rho}\leqslant\mu<+\infty\right),$$

где $f(x)\in C[0,+\infty]$.

Для данной функции $F(x)\in F_{\rho,\mu}[f]$ под квазиполиномом типа Бернштейна—Хаусдорфа будем понимать выражение

$$B_n^{(\rho,\mu)}[F(x)]\equiv\sum_{k=0}^{n} f(\sigma_{n,k})\,\omega_{n,k}^{(\rho,\mu)}(x),\ (n=0,\ 1,\ 2,\ldots) \tag{16}$$

Используя теорему 2 и лемму 1, устанавливается, наконец, следующая более общая

Теорема 4. *Если функция $F(x)\in F_{\rho,\mu}[f]$, то последовательность квазиполиномов $B_n^{(\rho,\mu)}[F(x)]$ равномерно сходится к $F(x)$ на* $[0,+\infty]$.

3°. Приступим теперь к обобщениям проблемы моментов Хаусдорфа. Последовательность чисел $\{\mu_n\}_0^{\infty}$ будем называть *моментной*, если существует функция $\alpha(x)$ ограниченной вариации на $[0,+\infty]$ такая, что

$$\int_0^{\infty} e^{-\lambda_n x}\,x^{\lambda_n-1}\,d\alpha(x)=\mu_n,\ n=0,\ 1,\ 2,\ldots \tag{17}$$

В случае, когда последовательность $\{\lambda_n\}$ возрастающая, т. е. $s_j=p_j\ (n)=1$, заменой переменного интегрирования $e^{-x}=t$, положив $-\alpha(-\ln t)=g(t)$, мы приходим к проблеме моментов Хаусдорфа

$$\int_0^1 t^{\lambda_n}\,dg(t)=\mu_n,\ n=0,\ 1,\ 2,\ldots$$

впервые поставленной и решенной в его работе, как в случае $\lambda_n=n\ (n\geqslant 0)$ (см. [4], стр. 74—109 и [5], стр. 439—443), так и в случае произвольной последовательности $\{\lambda_n\}$ (см. [4], стр. 280—299 и [3], стр. 104—105).

Введем в рассмотрение величины

$$\omega_{n,k}=\prod_{j=k+1}^{n}\lambda_j\sum_{i=k}^{n}c_{k,j}^{(n)}\mu_j. \tag{18}$$

где $c_{k,j}^{(n)}$ определяются из формул (5), заметив при этом, что в случае возрастающей последовательности $\{\lambda_n\}_0^{\infty}$ в силу (5′) они совпадают с величинами

$$\omega_{n,k}=\prod_{j=k+1}^{n}\lambda_j\sum_{i=k}^{n}\frac{\mu_j}{\prod_{\substack{\nu=k\\ \nu\neq j}}^{n}(\lambda_\nu-\lambda_j)} \tag{18'}$$

введенными Хаусдорфом (см. [4], стр. 280—281 и [3], стр. 104).

Существенно опираясь на теорему 1, а также на соотношения (14) и (15) для $p = s_n - 1$ ($n = 0, 1, 2, \ldots$) доказывается

Теорема 5. *Для существования решения проблемы моментов* (17) *необходимо и достаточно выполнение условия*

$$\sum_{k=0}^{n} |\omega_{n,k}| < C, \quad n = 0, 1, 2, \ldots \tag{19}$$

где C — независящая от n постоянная.

Следующее определение является обобщением известного определения Хаусдорфа (см. [4], стр. 282—283 и [3], стр. 104) на случай неубывающей последовательности $\{\lambda_n\}_0^\infty$.

Определение 1. *Последовательность $\{\mu_n\}_0^\infty$ называется вполне монотонной относительно $\{\lambda_n\}_0^\infty$, если*

$$\Delta^n \mu_k \overset{\text{def}}{=} \prod_{\nu=1}^{n} \lambda_{k+\nu} \sum_{j=0}^{n} c_{k+j}^{(n)} \mu_{k+j} \geqslant 0, \quad 0 \leqslant k \leqslant n, \quad n = 0, 1, 2, \ldots \tag{20}$$

где

$$c_{k+j}^{(n)} = \frac{1}{\Gamma(s_{k+j})\Gamma(p_{k+j}(n) - s_{k+j} + 1)} \frac{d^{p_{k+j}(n) - s_{k+j}}}{d\zeta^{p_{k+j}(n) - s_{k+j}}} \left\{ \prod_{i=0}^{n} (\zeta + \lambda_{k+i})^{-1} \right\}_{\substack{\zeta = 0 \\ \lambda_{k+j} + \lambda_{k+1}}}^{\zeta = -\lambda_{k+j}} \tag{21}$$

Справедлива также следующая

Теорема 6. *Для того, чтобы последовательность $\{\mu_k\}_0^\infty$ была моментной относительно неубывающей и ограниченной на $[0, +\infty]$ функции, необходимо и достаточно выполнение* (20)

Отметим, что теоремы 5 и 6 в случае *возрастающей* последовательности $\{\lambda_n\}_0^\infty$ были установлены Хаусдорфом (см. [4], стр. 287—297), им же впервые было отмечено (см. [4], стр. 297) на возможность перенесения его результатов на случай произвольной *неубывающей* последовательности $\{\lambda_n\}_0^\infty$.

4°. Проблема моментов (17) допускает дальнейшее обобщение. Пусть $\{\mu_n(t)\}_0^\infty \in C[0, +\infty]$, причем $\mu_0(t) \equiv \mu_0 = \text{const}$. Для данных $\rho > 1$ и $\mu \geqslant \frac{1}{\rho}$ введем в рассмотрение последовательность чисел

$$\mu_n(\rho, \mu) = \int_0^{\infty} \mu_n(t)\, \Phi_{\rho,\mu}(t)\, dt, \quad n = 0, 1, 2, \ldots \tag{22}$$

Последовательность $\{\mu_n(\rho, \mu)\}_0^\infty$ будем называть $\langle \rho, \mu \rangle$ — *моментной*, если существует функция $\beta(x)$ ограниченной вариации на $[0, +\infty]$ такая, что

$$\mu_n(\rho, \mu) = \int_0^{\infty} E_{\frac{1}{\rho}}^{(\rho_n - 1)}(-\lambda_n x, \mu) x^{\rho_n - 1}\, d\beta(x), \quad n = 0, 1, 2, \tag{23}$$

Введем в рассмотрение моментный оператор $\mathcal{M}$:

$$\mathcal{M}[e^{-\lambda_m xt}(xt)^{\lambda_m-1}] = \mu_m(t), \quad m=0, 1, 2, \ldots;$$

и системы функций

$$\Omega_{n,k}(t) \overset{\text{def}}{=} \prod_{j=k+1}^{n} \lambda_j \sum_{j=0}^{n} c_{k,j}^{(n)} \mu_j(t) \quad 0 \leq k \leq n, \quad n=0, 1, 2, \tag{24}$$

Определение 2. *Функциональная последовательность* $\{\mu_n(t)\}_0^\infty$ *называется вполне монотонной, если*

$$\Delta^n \mu_k(t) \overset{\text{def}}{=} \prod_{i=1}^{n} \lambda_{k+i} \sum_{j=0}^{n} c_{k+j}^{(n)} \mu_{k+j}(t) \geq 0, \quad 0 \leq k \leq n, \quad n=0, 1, 2, \ldots \tag{25}$$

где $c_{k+j}^{(n)}$ *определяются из формул* (21).

Признаки $\langle\rho, \mu\rangle$ — моментности содержатся в следующих двух теоремах.

Теорема 7. *Для разрешимости* $\langle\rho, \mu\rangle$ *— проблемы моментов* (22)—(23) *необходимо и достаточно, чтобы*

$$\sum_{k=0}^{n} |\Omega_{n,k}(t)| < c, \quad n=0, 1, 2, \ldots$$

где $\Omega_{n,k}(t)$ *определяются из формул* (24), *а* C *— независящая от* n *постоянная.*

Теорема 8. *Для существования решения* $\langle\rho, \mu\rangle$ *— проблемы моментов в классе неубывающих и ограниченных на* $[0, +\infty]$ *функций, необходимо и достаточно, чтобы*

$$\Delta^n \mu_k(t) = \prod_{i=0}^{n} \lambda_{k+i} \sum_{j=0}^{n} c_{k+j}^{(n)} \mu_{k+j}(t) \geq 0, \quad 0 \leq k \leq n, \quad n=0, 1, 2, \ldots$$

Нетрудно видеть, что теоремы 7 и 8 в крайнем случае, когда $\rho=\mu=1$ в силу (3) переходят соответственно в теоремы 5 и 6.

В заключении автор выражает искреннюю благодарность М. М. Джрбашяну как за постановку задач, так и многократные обсуждения.

Институт математики
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ս. ԲԱՂԻՅԱՆ

Միտտագ—Լեֆֆլերի տիպի ֆունկցիաների հետ ասոցիացված Բեռնշտեյն-Հաուսդորֆի տիպի ինվարիանտներ և $\langle\rho, \mu\rangle$ մոմենտների պրոբլեմ

Ներկա հոդվածը նվիրված է Միտտագ—Լեֆֆլերի տիպի $E_\rho(z, \mu)$ *ֆունկցիաների ևս մի կիրառությանը: Այստեղ* $[0, +\infty]$ *կիսաառանցքի համար կառուցվում են այդ ֆունկցիաների հետ ասոցիացված Բեռնշտեյն-Հաուսդորֆի տիպի բվազիպոլինոմները և ցույց է տրվում նրանց համասարաչափ զուգամիտությունն անընդհատ ֆունկցիաների որոշակի ենթադասերում:*

Ընդհանրացվում են նաև Ֆ. Հաուսդորֆի հայտնի թևորեմները մոմենտների պրոբլեմի վերաբերյալ չնվազող հաջորդականության դեպքում և դիտարկվում է նոր $\langle \varphi, \mu \rangle$ մոմենտների պրոբլեմը։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. М. Джрбашян*, Интегральные преобразования и представления функций в комплексной области, «Наука», 1—675, М., 1966. [2] *М. М. Джрбашян, Б. Л. Саакян*, «Известия АН СССР», сер. матем., т. 39, № 1, 69—122 (1975). [3] *М. М. Джрбашян, Р. А. Базилян*, ДАН СССР, т. 223, № 6 (1975). [4] *F. Hausdorf*, Summationsmethoden und Momentfolgen, Math. Zeitschrift 9(1921) I, 74—109, II. 280—299. [5] *J. A. Shohat and Tamarkin*, The problem of moments, Publ. Amer. Mat Soc., New York (1943). [6] *I. I. Hirschman and D. V. Widder*, Duke Math. J. vol, 16, №3, 433—437 (1949). [7] *И. И. Хиршман и Д. В. Уиддер*, Преобразования типа свертки, И. Л., М., 1958. [8] *И. П. Натансон*. Конструктивная теория функций, ГИТЛ, М., 1949.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 513.83

МАТЕМАТИКА

С. Г. Овсепян

О структуре на множестве полурегулярных H-замкнутых расширений топологических пространств

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александряном 16/VI 1975)

Все топологические пространства, о которых будет идти речь, предполагаются хаусдорфовыми.

В работе ([1]) доказывается, что для любого вполне регулярного пространства X множество $K(X)$ всех бикомпактных расширений пространства X с обычным отношением порядка образует полурешетку сверху, а в случае локально бикомпактного вполне регулярного пространства—полную решетку.

В работе ([2]) описаны все полурегулярные H-замкнутые расширения произвольного полурегулярного пространства X, путем установления взаимно однозначного соответствия между множеством H-структур на X и множеством полурегулярных H-замкнутых расширений пространства X.

В ([3]) построены все хаусдорфовы и все H-замкнутые расширения произвольного топологического пространства. В частности, для полурегулярных пространств построены все неуплотняемые расширения.

В настоящей заметке приводится схема построения всех неуплотняемых расширений произвольного полурегулярного пространства X.

В множестве $\tilde{K}(X)$ всех неуплотняемых расширений пространства X вводится отношение частичного упорядочения и показывается, что $\tilde{K}(X)$ с этим отношением порядка образует полурешетку сверху, оно образует полную решетку тогда и только тогда, когда X к тому же локально H-замкнуто.

Заметим, что метод построения множества $K(X)$ и исследования его структуры, данный в ([1]), не применим в случае полурегулярного пространства X, ни для построения неуплотняемых расширений, ни для исследования структуры множества $\tilde{K}(X)$.

Напомним некоторые, необходимые для дальнейшего, определения, касающиеся псевдотопологических пространств ([3–5]).

Открытый фильтр топологического пространства (X, V), или, что то же самое, фильтр псевдотопологии V называется полурегулярным, если он обладает базой, состоящей из канонически открытых множеств. Так как для любого открытого фильтра φ пространства (X, V) семейство канонически открытых множеств, входящих в φ, образует базу открытого фильтра, то каждому открытому фильтру φ можно сопоставить полурегулярный открытый фильтр φ_s с базой, состоящей из всех канонически открытых множеств, принадлежащих φ. Естественно φ_s называть полурегулярным открытым фильтром ассоциированным с φ. В связи с этим, если Φ некоторая система открытых фильтров пространства (X, V) систему $\Phi_s = |\varphi_s; \varphi \in \Phi|$ будем называть системой полурегулярных открытых фильтров ассоциированной с Φ.

Множество Ψ открытых фильтров пространства (X, V) называется бикомпактным, если для каждого семейства $|v_\alpha|$ открытых множеств, обладающего тем свойством, что для любого $\varphi \in \Phi$ существует $v \in |v_\alpha|$ такое, что $v \in \varphi$, найдется конечное подсемейство с таким же свойством.

Пусть U множество всех открытых ультрафильтров пространства (X, V), не имеющих точек прикосновения, а D некоторое разбиение множества U на бикомпактные подмножества. Рассмотрим систему открытых фильтров $\Phi(D) = |\varphi_d; d \in D|$, где $\varphi_d = \cap |u; u \in d|$ и пусть $\Phi_s(D)$ система открытых, полурегулярных фильтров, ассоциированная с $\Phi(D)$.

Каждой точке x пространства (X, V) сопоставим систему V_x ее открытых окрестностей и пусть $X_0 = |V_x; x \in X|$.

Каждый элемент множества $X_0 \cup \Phi_s(D)$ представляет собой фильтр псевдотопологии V, следовательно, пара $|X_0 \cup \Phi_s(D), V|$ представляет собой псевдотопологическое пространство. Как и в ([3]), ему сопоставим топологическое пространство $(X_0 \cup \Phi_s(D), W) = F|X_0 \cup \Phi_s(D), V|$, где W топология на множестве $X_0 \cup \Phi_s(D)$ с базой, образованной подмножествами вида $S_v = |\varphi: \varphi \in X_0 \cup \Phi_s(D); v \in \varphi|$, когда v пробегает все V.

Пусть i — отображение пространства (X, V) в пространство $(X_0 \cup \Phi_s(D), W)$, порожденное соответствием $x \to V_x$.

Теорема 1. *Пусть (X, V) полурегулярное и не H-замкнутое пространство, тогда для любого разбиения D множества U всех открытых ультрафильтров пространства (X, V), не имеющих точек прикосновения, на бикомпактные подмножества, пара $|(X_0 \cup \Phi_s(D), W); i|$ представляет собой неуплотняемое расширение пространства (X, V). Обратно, каждое неуплотняемое расширение пространства (X, V) эквивалентно расширению, заданному парой $|(X_0 \cup \Phi_s(D), W); i|$ при некотором разбиении D множества U на бикомпактные подмножества.*

Так как для не H-замкнутого пространства множество U не пусто то из этой теоремы сразу следует, что каждое полурегулярное и не H-замкнутое пространство допускает неуплотняемое расширение

Пусть $\bar{K}(X)$ множество, построенных указанным выше способом, всех неуплотняемых расширений подрегулярного пространства X, когда D пробегает всевозможные разбиения множества U на бикомпактные подмножества. Согласно теореме 1 $\bar{K}(X)$ представляет собой, с точностью до эквивалентности расширений, всю совокупность неуплотняемых расширений пространства X.

Отождествляя пространство (X, V) с его гомеоморфным образом X_0 при отображении i, мы можем в дальнейшем по всех расширениях из $\bar{K}(X)$ опускать гомеоморфизм i и под расширением вместо пары понимать только соответствующее топологическое пространство.

В множестве $\bar{K}(X)$ введем отношение $>$ частичного упорядочения следующим образом: $X_1 > X_2$ тогда и только тогда, когда существует 0-непрерывное отображение пространства X_1 на X_2 тождественное на X_0.

Предложение 1. Пусть X_1 и X_2 неуплотняемые расширения подрегулярного пространства X, тогда может существовать только одно 0-непрерывное отображение пространства X_1 на X_2, тождественное на X_0.

Предложение 2. Пусть X полурегулярное пространство и $X_1, X_2 \in \bar{K}(X)$, тогда из $X_1 > X_2$ и $X_2 > X_1$ следует, что $X_1 = X_2$.

Предложение 3. Пусть X полурегулярное пространство, тогда $\bar{K}(X)$ с отношением $>$ обладает единственным наибольшим элементом.

Предложение 4. Для любого полурегулярного пространства X частично упорядоченное множество $\bar{K}(X)$ полно.

Предложение 5. Пусть X полурегулярное пространство. Множество $\bar{K}(X)$ с отношением $>$ обладает наименьшим элементом тогда и только тогда, когда пространство X локально H-замкнуто и не H-замкнуто.

Сопоставляя предыдущие предложения, непосредственно приходим к следующей теореме.

Теорема 2. *Множество всех неуплотняемых расширений произвольного полурегулярного и не H-замкнутого пространства X с отношением $>$ образует полурешетку сверху, оно образует полную решетку тогда и только тогда, когда пространство X к тому же локально H-замкнуто.*

В заключение отметим также, что если исходное пространство вполне регулярно, локально бикомпактно и небикомпактно, то как это непосредственно следует из наших построений, его наименьшее неуплотняемое расширение совпадает с его одноточечной бикомпактификацией

Институт математики
Академии наук Армянской ССР

Ա. Գ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

Տոպոլոգիական տարածությունների կիսառեգուլյար H—փակ ընդլայնումների բազմության կառուցվածքի մասին

Հոդվածում տրվում է կիսառեգուլյար հատւսդորֆյան տոպոլոգիական տարածության բոլոր կիսառեգուլյար H—փակ ընդլայնումները կառուցելու եղանակ։ Այդպիսի ընդլայնումների բազմության մեջ մտցվում է մասնակի կարգավորվածության հարաբերություն և ցույց է տրվում, որ կամայական կիսառեգուլյար հատւսդորֆյան X տարածության բոլոր կիսառեգուլյար H—փակ ընդլայնումների բազմությունն այդպիսի հարաբերությամբ կազմում է կիսաստրուկտուրա վերևից, այն կազմում է լրիվ ստրուկտուրա այն, և միայն այն դեպքում, երբ X-ը H—փակ չէ և լոկալ H—փակ է։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *N. Boboc et Gh. Stretchi*, Bull. Math. Soc. Sci Math. Phys. R. P. Roumaine (N. S.) 5. (53), nr. 3—4 (1961). [2] *В. В. Федорчук*, ДАН СССР, 210, № 6(1973). [3] *С. Г. Овсепян*. ДАН СССР, 224, № 4 (1975). [4] *С. Г. Овсепян*, ДАН СССР, 206, №4 (1972). [5] *С. Г. Овсепян* ,Известия АН Армянской ССР', Математика, т. VIII, № 3 (1973)

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 517.9

МАТЕМАТИКА

Г. В. Вирабян

О разложении полиномиального операторного пучка на линейные множители

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александряном 17/VI 1975)

После основополагающей работы [1] М. Г. Крейна и Г. К. Лангера, в связи с изучением вопросов многократной полноты системы собственных и присоединенных элементов операторных пучков, появился ряд работ, посвященных задаче разложения этих пучков на множители, обладающие определенными свойствами (так называемой задаче факторизации).

Ниже нами устанавливается одно достаточное условие, при котором полиномиальный операторный пучок допускает разложение на линейные множители. Приведенная методика основана на изучении полиномиального операторного уравнения с помощью классического принципа неподвижной точки.

Рассмотрим операторный пучок вида

$$L(\lambda)=\lambda^n A_n+\lambda^{n-1}A_{n-1}+\cdots+\lambda A_1+A_0. \qquad (1)$$

где $A_i(i=0,1,\cdots,n)$ — линейные ограниченные операторы, действующие в банаховом пространстве B, причём $A_n=I$ — есть единичный оператор.

Обозначим через $R=R(B\to B)$ пространство линейных ограниченных операторов, отображающих банахово пространство B в себя.

Одновременно рассмотрим ассоциированное с пучком (1) полиномиальное операторное уравнение

$$L(Z)\equiv A_nZ^n+A_{n-1}Z^{n-1}+\cdots+A_1Z+A_0=0. \qquad (II)$$

Имеет место следующая

Теорема. *Пусть при некотором фиксированном целом* $k(1\leqslant k\leqslant n)$ *операторы* $A_i(i=1,2,\cdots,k)$ *имеют ограниченные обратные* $A_i^{-1}\in R$. *Тогда для любого числа* $r>1$ *существуют такие* $\delta_i>0(i=1,\cdots,k)$, *что при выполнении следующих соотношений*

$$\max_{1+i<j<n}\|A_i^{-1}A_j\|<\delta_i,\ (i=1,2,\cdots,k) \qquad (1)$$

полиномиальный операторный пучок (1) допускает представление

$$L(\lambda) = L_k(\lambda)(\lambda I - Y_k)\cdots(\lambda I - Y_1), \tag{2}$$

где $Y_i \in R$. $(i = 1, \ldots, k)$, *а* $L_k(\lambda)$ — *некоторый пучок порядка* $n - k$.

Доказательство. Применяя с обеих сторон уравнения (1) оператор A_1^{-1}, перепишем его в виде

$$Z = \Phi(Z), \tag{3}$$

где

$$\Phi(Z) = -A_1^{-1}A_nZ^n - A_1^{-1}A_{n-1}Z^{n-1} - \ldots - A_1^{-1}A_0Z^0 = A_1^{-1}A_0. \tag{4}$$

Очевидно, что оператор Φ отображает банахово пространство линейных ограниченных операторов R в R. В пространстве R рассмотрим замкнутый шар $\overline{S} = \{Z : \|Z\| \leqslant r\|A_1^{-1}A_0\|\}$ с центром в нуле и радиуса $r\|A_1^{-1}A_0\|$. $(r > 1)$.

Пусть число δ_n такое, что

$$0 < \delta_n < \frac{r-1}{r^n \cdot \|A_1^{-1}A_0\|^n + \cdots + r^2\|A_1^{-1}A_0\|}. \tag{5}$$

Тогда из соотношения

$$\max_{2<j\leqslant n}\|A_1^{-1}A_j\| < \delta_n \tag{6}$$

следует, что оператор Φ отображает замкнутый шар $\overline{S}$ в себя. В самом деле, пусть $Z \in S$, тогда в силу (5), (6) имеем

$$\|\Phi(Z)\| = \|A_1^{-1}A_nZ^n + A_1^{-1}A_{n-1}Z^{n-1} + \cdots + A_1^{-1}A_2Z^2 + A_1^{-1}A_0\| \leqslant \|A_1^{-1}A_n\| \cdot \|Z\|^n + \|A_1^{-1}A_{n-1}\| \cdot \|Z\|^{n-1} + \cdots + \|A_1^{-1}A_2\| \cdot \|Z\|^2 + \|A_1^{-1}A_0\| \leqslant (r^n \cdot \|A_1^{-1}A_0\|^{n-1} \cdot \|A_1^{-1}A_n\| + \cdots + r^2 \cdot \|A_1^{-1}A_0\| \cdot \|A_1^{-1}A_0\| + 1) \cdot \|A_1^{-1}A_0\| < r \cdot \|A_1^{-1}A_0\|, \tag{7}$$

что и означает $\Phi(Z) \in \overline{S}$.

Далее пусть число δ_{n2} такое, что

$$0 < \delta_{n2} < \frac{1}{2r\|A_1^{-1}A_0\| + 3r^2 \cdot \|A_1^{-1}A_0\|^2 + \cdots + nr^{n-1}\|A_1^{-1}A_0\|^{n-1}}. \tag{8}$$

Покажем, что при выполнении соотношения

$$\max_{2<j\leqslant n}\|A_1^{-1}A_j\| < \delta_{n2} \tag{9}$$

Φ является оператором сжатия.

Действительно, для любых двух операторов $Z_1,\ Z_2 \in \bar{S}$ имеем

$$\| \Phi(Z_1)-\Phi(Z_2) \| \leqslant \| A_1^{-1}A_n \| \cdot \| Z_1^n-Z_2^n \|$$

$$\| A_1^{-1}A_{n-1} \| \cdot \| Z_1^{n-1}-Z_2^{n-1} \| + \cdots + \| A_1^{-1}A_2 \| \cdot \| Z_1^2-Z_2^2 \|. \quad (10)$$

Далее с помощью математической индукции легко проверяется справедливость следующих неравенств

$$\| Z_1^2-Z_2^2 \| = \| Z_1^2-Z_2 \cdot Z_1+Z_2Z_1-Z_2^2 \| = \| (Z_1-Z_2) \cdot Z_1+Z_2 \cdot (Z_1-Z_2) \|$$

$$\leqslant (\| Z_1 \| + \| Z_2 \|) \| Z_1-Z_2 \| \leqslant 2r \cdot \| A_1^{-1}A_0 \| \cdot \| Z_1-Z_2 \|. \quad (11)$$

$$\| Z_1^3-Z_2^3 \| = \| Z_1^3-Z_1^2Z_2+Z_1^2Z_2-Z_2^3 \| = \| Z_1^2(Z_1-Z_2)+$$

$$+(Z_1^2-Z_2^2) \cdot Z_2 \| \leqslant \| Z_1 \|^2 \cdot \| Z_1-Z_2 \| + \| Z_1^2-Z_2^2 \| \cdot \| Z_2 \| \leqslant$$

$$\leqslant 3r^2 \cdot \| A_1^{-1}A_0 \|^2 \cdot \| Z_1-Z_2 \|.$$

$$\| Z_1^{n-1}-Z_2^{n-1} \| \leqslant (n-1)r^{n-2} \cdot \| A_1^{-1}A_0 \|^{n-2} \cdot \| Z_1-Z_2 \| \cdot \| Z_1^n-Z_2^n \| =$$

$$= \| Z_1^n-Z_1^{n-1}Z_2+Z_1^{n-1}Z_2-Z_2^n \| = \| Z_1^{n-1} \cdot (Z_1-Z_2) + (Z_1^{n-1}-Z_2^{n-1})Z_2 \| \leqslant$$

$$\leqslant \| Z_1 \|^{n-1} \cdot \| Z_1-Z_2 \| + \| Z_1^{n-1}-Z_2^{n-1} \| \cdot \| Z_2 \| \leqslant n \cdot r^{n-1} \| Z_1-Z_2 \|$$

Сопоставляя неравенства (10) и (11), получим

$$\| \Phi(Z_1)-\Phi(Z_2) \| \leqslant (2r \cdot \| A_1^{-1}A_0 \| + 3r^2 \cdot \| A_1^{-1}A_0 \|^2 + \cdots$$

$$+nr^{n-1} \cdot \| A_1^{-1}A_0 \|^{n-1}) \cdot \| Z_1-Z_2 \| = \varkappa \cdot \| Z_1-Z_2 \|, \quad (12)$$

где $\varkappa < 1$ в силу неравенства (8).

Это значит, что при выполнении неравенства (9) Φ является оператором сжатия.

Положим $\delta_1 = \min(\delta_{11}, \delta_{12})$. Тогда вышеприведенные рассуждения приводят к следующему утверждению.

При наличии условия

$$\min_{2 \leqslant j \leqslant n} \| A_1^{-1}A_j \| < \delta_1 \quad (13)$$

оператор Φ одновременно отображает замкнутый шар $\bar{S}$ в себя и является оператором сжатия. Следовательно, в силу классического принципа сжатых отображений ([2]), оператор Φ имеет неподвижную точку $Z = Y_1 \in \bar{S}$, которая одновременно является решением полиномиального операторного уравнения (II) и поэтому пучок допускает представление

$$L(\lambda) = L_1(\lambda) \cdot (\lambda I - Y_1'), \tag{14}$$

где $L_1(\lambda)$ пучок порядка $n-1$.

Таким образом вышесформулированная теорема при $k=1$ доказана.

В представлении (14) пучок $L_1(\lambda)$ имеет вид

$$L_1(\lambda) = \sum_{k=1}^{n} A_k \cdot \sum_{j=0}^{k-1} C_k^j Y_1^{k-j-1} \lambda^{n-1} \cdot B_{n-1} + \lambda^{n-2} \cdot B_{n-2} + \cdots + \lambda B_1 + B_0. \tag{15}$$

где

$$B_j = A_{j+1} + A_{j+2} \cdot Y_1 + \cdots + A_n \cdot Y_1^{n-j-1},$$
$$j = 0, 1, \cdots, n-1. \tag{16}$$

В частности,

$$B_{n-1} = A_n = I; \quad B_1 = A_2 + A_3 \cdot Y_1 + \cdots + A_n Y_1^{n-2}.$$

Для дальнейшего разложения пучка $L(\lambda)$, нужно на коэффициенты A_j $(j = 0, 1, 2, \cdots, n)$ налагать такие условия, при которых полиномиальный пучок $L_1(\lambda)$ (порядка $n-1$) оказался бы в рамках применения вышедоказанной теоремы при $k=1$.

Пусть δ_{21} некоторое число, удовлетворяющее неравенству

$$0 < \delta_{21} < \frac{1}{r \cdot \| A_1^{-1} A_0 \| + r^2 \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|^2 + \ldots + r^{n-2} \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|^{n-2}}. \tag{17}$$

Покажем, что если оператор A_2 имеет ограниченный обратный $A_2^{-1} \in R$ и выполняется условие

$$\max_{3 \le j \le n} \| A_2^{-1} A_j \| < \delta_{21},$$

то оператор B_1 также имеет ограниченный обратный $B_1^{-1} \in R$.

В самом деле, оператор B_1 можно представить в виде

$$B_1 = A_2 \cdot (I + A_2^{-1} A_3 Y_1 + \cdots + A_2^{-1} A_n Y_1^{n-2}) = A_2 \cdot (I - D_1), \tag{18}$$

где

$$D_1 = -A_2^{-1} A_3 Y_1 - \cdots - A_2^{-1} A_n \cdot Y_1^{n-2}. \tag{19}$$

Но в силу условия $Y_1 \in S(\| Y_1 \| \le r \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|)$ и неравенства (17) имеем:

$$\| D_1 \| \le \| A_2^{-1} A_3 \| \cdot \| Y_1 \| + \cdots + \| A_2^{-1} A_n \| \cdot \| Y_1 \|^{n-2} <$$
$$< \delta_{21} \cdot (r \cdot \| A_2^{-1} A_0 \| + \cdots + r^{n-2} \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|^{n-2}) < 1. \tag{20}$$

Поэтому (²) оператор B_1 имеет ограниченный обратный, который имеет вид

$$B_1^{-1} = (I - D_1)^{-1} \cdot A_2^{-1}. \qquad (21)$$

Обозначим через δ_{22} положительное число, существование которого гарантируется вышедоказанной теоремой при $k = 1$, согласно которой при выполнении неравенства

$$\max_{2 \le j \le n-1} \|B_1^{-1} B_j\| < \delta_{22}$$

существует оператор $Y_1 \in R$ такой, что пучок $L_1(\lambda)$ допускает представление

$$L_1(\lambda) = L_2(\lambda) \cdot (\lambda I - Y_1), \qquad (22)$$

где $L_2(\lambda)$ некоторый пучок порядка $n - 2$.

Пусть δ_{23} некоторое число, удовлетворяющее неравенству

$$0 < \delta_{23} < \frac{\delta_{22}}{\| (I - D_1)^{-1} \| \cdot (1 + r \| A_1^{-1} A_0 \| + \ldots + r^{n-3} \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|^{n-3})} \qquad (23)$$

Тогда при выполнении неравенства

$$\max_{2 \le j \le n} \| A_1^{-1} A_j \| < \delta_{23} \qquad (24)$$

имеем

$$\| B_1^{-1} B_j \| = \| (I - D_1)^{-1} \cdot A_2^{-1} B_j \| = \| (I - D_1)^{-1} \cdot (A_2^{-1} A_{j+1} +$$

$$+ A_2^{-1} A_{j+2} Y_1 + \ldots + A_2^{-1} A_n Y_1^{n-j-1}) \| \leqslant \| (I - D_1)^{-1} \cdot (\| A_2^{-1} A_{j+1} \| +$$

$$+ \| A_2^{-1} A_{j+2} \| \cdot r \cdot \| A_1^{-1} A_0 \| + \ldots + \| A_2^{-1} A_n \| \cdot r^{n-j-1} \times$$

$$\times \| A_1^{-1} A_0 \|^{n-j-1}) \leqslant \delta_{23} \cdot \| (I - D_1)^{-1} \| \cdot (1 + r \cdot \| A_1^{-1} A_0 \| + \ldots +$$

$$+ r^{n-j-1} \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|^{n-j-1}) < \delta_{22}. \qquad (25)$$

где $j = 2, \ldots, n - 1$.

Положим $\delta_2 = \min (\delta_{21}, \delta_{23})$.

Вышеприведенные рассуждения приводят к следующему утверждению. Если оператор A_2 имеет ограниченный обратный и выполняется условие

$$\max_{2 \le j \le n} \| A_1^{-1} A_j \| < \delta_2, \qquad (26)$$

то оператор B_1 также имеет ограниченный обратный и имеет место неравенство

$$\max_{2 \le j \le n-1} \| B_1^{-1} B_j \| < \delta_{22}, \qquad (27)$$

и следовательно и представление (22)

Таким образом, вышесформулированная теорема доказана и при $k = 2$.

Применение метода математической индукции и дословное повторе-

ние вышеприведенных рассуждений завершает доказательство теоремы для любого фиксированного значения k.

Следствие 1. Из доказанной теоремы в частности следует, что если коэффициенты пучка (1) имеют ограниченные обратные $A_j^{-1} \in R, j = 1, 2, \ldots, n-1$, то для любого числа $r > 1$ существуют такие δ_i $i = 1, 2, \ldots, n-1$, что при выполнении следующих соотношений

$$\max_{1 \le j \le n} \| A_j^{-1} A_i \| < \delta_i \quad (i = 1, 2, \ldots, n-1) \tag{28}$$

полиномиальный пучок (1) допускает полное разложение на линейные множители

$$L(\lambda) = (\lambda I - Y_n) \cdot (\lambda I - Y_{n-1}) \cdot \ldots \cdot (\lambda I - Y_2) \cdot (\lambda I - Y_1), \tag{29}$$

где $Y_i (i = 1, \ldots, n)$ некоторые линейные ограниченные операторы из пространства R.

Замечание 1. Из доказательства теоремы легко усмотреть, что если коэффициент пучка (1) A_0 является вполне непрерывным оператором, то оператор Y_1, фигурирующий в разложении

$$L(\lambda) = L_k(\lambda) \cdot (\lambda I - Y_k) \ldots (\lambda I - Y_1), \tag{30}$$

также является вполне непрерывным.

Замечание 2. В отличие от оператора Y_1, который всегда является корнем полиномиального операторного уравнения (II), операторы $Y_j (j = 2, \ldots, k)$, вообще говоря, не являются решениями этого уравнения.

Замечание 3. Вышедоказанная теорема в некотором смысле является обобщением и усилением некоторых результатов из работ [3-5]. Приведенная нами методика позволяет в процессе доказательства теоремы одновременно получить оценки для чисел δ_k в зависимости от заданного числа $r > 1$. В частности при $k = 1$ имеем

$$0 < \delta_1 \le \min \left(\frac{r-1}{r^2 \| A_1^{-1} A_0 \| + \ldots + r^n \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|^{n-1}}, \right.$$

$$\left. \frac{1}{2r \| A_1^{-1} A_0 \| + 3r^2 \| A_1^{-1} A_0 \|^2 + \ldots + nr^{n-1} \| A_1^{-1} A_0 \|^{n-1}} \right) \tag{31}$$

Отсюда для квадратичных ($n = 2$) пучков при $r = 2$ получаем

$$0 < \delta_1 < \frac{1}{4 \cdot \| A_1^{-1} A_0 \|}, \tag{32}$$

что совпадает с условием теоремы работы [3].

В заключение заметим, что в настоящей работе нами рассматривается так называемая формальная факторизация полиномиальных операторных пучков и что дальнейшее изучение спектральных свойств

операторов Y_j ($j=1, 2, \dots, k$) в связи с вопросами многократной полноты представляет несомненный интерес.

Ереванский государственный университет

Գ. Վ. ՎԻՐԱԲՅԱՆ

Պոլինոմիալ օպերատորային փնջի գծային արտադրիչների վերլուծության մասին

Աշխատանքում պոլինոմիալ օպերատորային $L(\lambda)=\lambda^n I+\lambda^{n-1}A_{n-1}+\dots+\lambda A_1+A_0$ *փնջի համար, որտեղ* A_i ($i=0, 1, \dots, n-1$) *գծային սահմանափակ օպերատորներ են բանախյան տարածության մեջ, ստացված է բավարար պայման, որի դեպքում* $L(\lambda)$ *փունջը թույլատրում է այսպես կոչված լրիվ ֆակտորիզացիա:*

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. Г. Крейн* и *Г. К. Лангер.* О некоторых математических принципах линейной теории демпфированных колебаний континуумов. Труды Международного симпозиума по применению теории функций комплексного переменного в механике сплошной среды, Изд. «Наука», 1965. [2] *А. Н. Колмогоров* и *С. В. Фомин.* Элементы теории функций и функционального анализа. М., Изд. «Наука», 1972. [3] *Н. В. Горюк,* О факторизации квадратичного операторного пучка. Вестник МГУ, «Математика», т. 5, 1970. [4] *Г. В. Вирабян,* «Известия АН Арм. ССР», № 3 (1974). [5] *Г. А. Исаев,* УМН 23, вып. 1, 241—242 (1973).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 621.317.794

ФИЗИКА

Э. А. Арутюнян, Р. Б. Костанян,
В. С. Мкртчян, М. А. Мкртчян

Преобразование инфракрасного излучения в видимое на кристаллах $LiNbO_3$ с использованием гелий-неонового лазера

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаэляном 7/IV 1975)

Для регистрации и спектрального анализа инфракрасного (ИК) излучения перспективным является метод его преобразования в видимую область при смешении с излучением лазера в нелинейных кристаллах. Эффективность преобразования ИК излучения зависит от мощности лазера накачки. Использование рубиновых импульсных лазеров позволяет достигнуть к. п. д. квантового преобразования близкий к единице ([1,2]). В ряде работ ([3-5]) проводились исследования преобразования ИК излучения на кристалле $LiNbO_3$ с накачкой от аргонового лазера. Для этих целей целесообразно также использование гелий-неоновых лазеров, которые обладают высокой стабильностью относительно аргоновых лазеров, хотя и уступают им по мощности. Кроме того, использование гелий-неоновых лазеров позволяет получить преобразование более ближней инфракрасной области, что необходимо при решении некоторых задач.

В настоящей работе проводилось исследование преобразования ИК излучения в видимую область при смешении его с излучением гелий-неонового лазера в кристаллах $LiNbO_3$. ИК излучение широкополосного источника—глобара смешивалось в кристалле $LiNbO_3$ с излучением гелий-неонового лазера ЛГ-75. Использовалось взаимодействие типа «ooe». Излучение суммарных частот отфильтровывалось от основного излучения и засветки с помощью фильтров. Спектральный состав преобразованного излучения анализировался спектрографом ИСП-51 с максимальным разрешением, на выходе которого установлен ФЭУ-79. Сигнал с ФЭУ после усиления регистрировался частотомером Ч3-31. Использовались кристаллы $LiNbO_3$ из двух серий: с направлением роста, совпадающим с оптической осью и перпендикулярно к оптической оси. Максимальная мощность преобразованного излучения составляла 10^{-11} вт. Установка позволяла регистрировать преобразованное излучение с мощностью не менее 10^{-16} вт. Ошибка измерения длины волны на суммарной частоте составляет ± 1 Å, а ширины спектра $\pm 0{,}2$ Å.

Изменяя угол синхронизма (угол между направлением распространения ИК излучения и лазера с оптической осью кристалла) было проведено преобразование ИК излучения в интервале длин волн 1,75–3,3 мкм в видимое. Для расчета зависимости углов фазового согласования от длины волны ИК излучения использованы дисперсионные и температурные зависимости показателей преломления обыкновенного n^o и необыкновенного n^e лучей, согласно работе ([6]).

На рис. 1 приведена расчетная кривая зависимость длины преобразованного ИК излучения λ_3 от угла синхронизма θ при комнатной температуре и экспериментальные данные для кристаллов, вырощенных по оптической оси (кристалл № 1) и перпендикулярно оптической оси (кристалл № 2). Как видно, экспериментальные значения λ_3 для кристалла № 1 лежат выше расчетной кривой; и, в частности, для 90°-ного синхронизма отличаются от данных кристалла № 2 (см. таблицу)

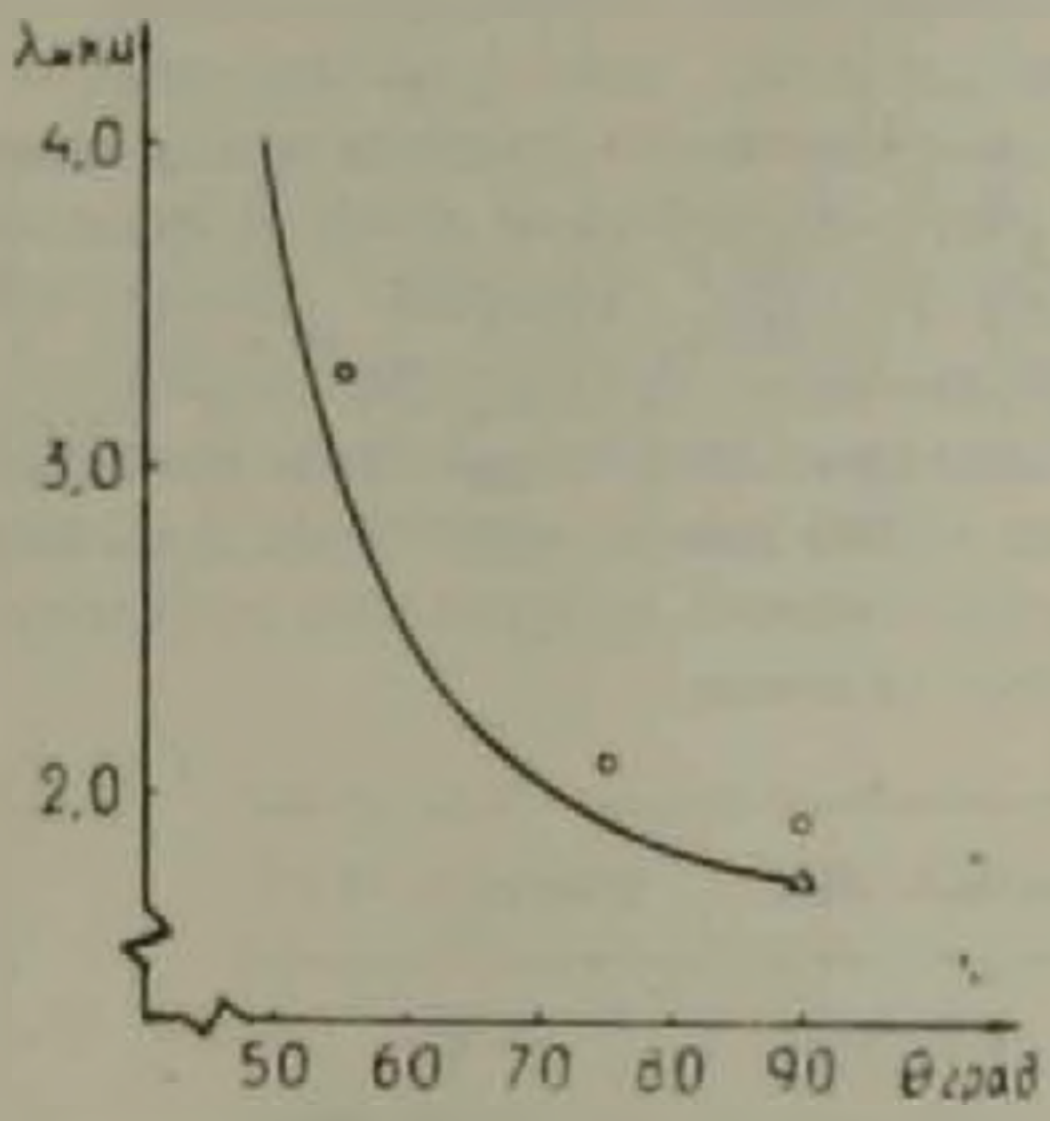


Рис. 1. Зависимость длины волны преобразуемого ИК излучения λ_3 от угла синхронизма θ, где ○ — экспериментальные точки для кристалла №1, а Δ — для кристалла №2

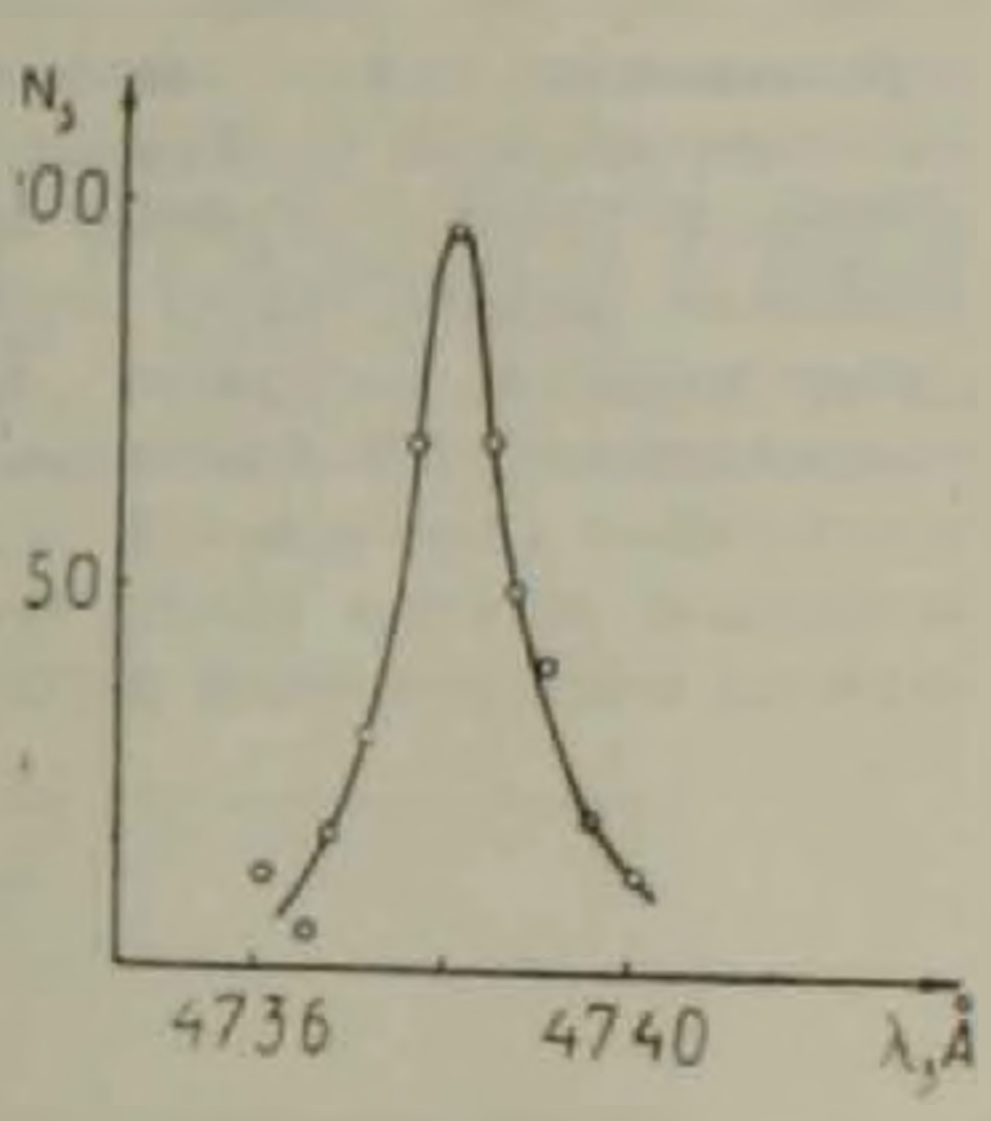


Рис. 2. Спектр излучения на суммарной частоте

Столь значительное смещение длины волны преобразованного излучения нельзя объяснить изменением температуры кристалла во время эксперимента ($\Delta T = \pm 1°C$), а точность ориентации была ±30′, что также не может привести к такому разбросу. Поэтому указанное изменение λ_3 для различных кристаллов можно объяснить их разными дисперсионными свойствами, что, в свою очередь, связано с изменением состава кристалла (содержание примесей, стехиометрия и др.).

Для 90°-ного синхронизма проводилось исследование спектральной ширины полосы преобразования. На рис. 2 приведен характерный спектр излучения на суммарной частоте. Для различных кристаллов определялась ширина спектра на половине максимальной интенсивности. Конечная ширина спектра преобразованного излучения обуслов-

лена дисперсионными свойствами нелинейной среды, расходимостью накачки и ИК излучения, а также шириной накачки. Для 90°-ного синхронизма и монохроматической накачки при взаимодействии параллельных лучей значение для половины ширины полосы преобразованного излучения выражается формулой (7):

$$\Delta\nu_1 = \frac{1}{l\left(n_1^0 - n_3^e - \lambda_1 \frac{dn_1^0}{d\lambda_1} + \lambda_3 \frac{dn_3^e}{d\lambda_3}\right)}$$

где λ_1, λ_2, λ_3—длины волн ИК излучения, лазера и суммарной частоты, n_1^0, n_2^0, n_3^e —показатели преломления кристалла для обыкновенной волны ИК излучения, лазера и необыкновенной волны на суммарной частоте, l—длина кристалла. Используя дисперсионные зависимости показателей преломления (6), можно оценить значение $\Delta\nu_1$ и, следовательно, $\Delta\lambda_3$ для разных кристаллов (см. таблицу). Анализ экспериментальных данных показывает, что при использовании центральной части апертуры преобразованного излучения (осевые лучи) можно пренебречь вкладом уширения за счет расходимости лучей в кристалле и измерять нижний предел ширины спектра, который определяется дисперсионными свойствами кристаллов. Результаты показывают, что для кристалла № 1 экспериментальные значения полосы преобразования близки к расчетным. В то же время для кристалла № 2 экспериментальные значения полосы преобразования значительно превышают значения соответствующих расчетных величин.

Таблица

	Кристалл № 1	Кристалл № 2
l	1.5 см	3 см
λ_1	1.9 мкм	1.75 мкм
λ_2	6328 Å	6328 Å
λ_3	4738 Å	4640 Å
$\Delta\lambda_3$(расч.)	0.51 Å	0.244 Å
$\Delta\lambda_3$(эксп.)	0.7 Å	1.4 Å

Завышенное значение ширины полосы преобразования ИК излучения, по-видимому, связано с неоднородностями кристаллов по длине, что в свою очередь приводит к уменьшению эффективности преобразования.

Измерение длины волны преобразованного излучения может служить перспективным методом для исследования распределения концентрационных неоднородностей в кристаллах.

Авторы выражают благодарность Э. С. Вартаняну и В. Т. Габриэляну за ценные замечания и полезные обсуждения.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Է. Հ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ռ. Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Վ. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Մ. Ա. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

Ինֆրակարմիր ճառագայթման վերափոխումը տեսանելիի $LiNbO_3$ բյուրեղում ներքին-ներքնային լազերի օգտագործմամբ

Կատարվել են ինֆրակարմիր ճառագայթումը տեսանելիի վերափոխման ուսումնասիրություններ նրան $LiNbO_3$ բյուրեղում ներքին-ներքնային լազերի ճառագայթման հետ խառնելու միջոցով։ Փոփոխելով ֆազային համաձայնության անկյունը 90-55 աստիճանի սահմաններում, ստացվել է ինֆրակարմիր ճառագայթման վերափոխում 1,7-3,3մկ տիրույթում։

Փոխակերպման շերտի լայնության փորձնական արժեքները $LiNbO_3$ տարբեր բյուրեղների համար կգալի տարբերվում են, որը կապված է բյուրեղների անհամասեռություններին հետ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *T. Gurski.* Appl. Phys. lett., 23, 273, (1973). [2] *Э. А. Арутюнян, В. С. Мкртчян,* Квантовая электроника, 2, № 4, 812 (1975). [3] *М. Д. Баранов, А. Ф. Ломзин, Д. Н. Маш, В. В. Морозов, А. Н. Орлевский, Ф. С. Файзуллов* Краткие сообщения по физике ФИАН № 3, 53 (1972). [4] *Е. Н. Антонов, М. А. Большов, В. Г. Колошников, Д. Н. Никогосян,* Письма в ЖЭТФ, 14, 23 (1971). [5] *Е. Н. Антонов, В. Г. Колошников, Д. Н. Никогосян,* Оптика и спектроскопия, 36, 781 (1974). [6] *M. V. Hobden, J. L. Warner,* Phys. lett., 22, 243 (1966). [7] *J. B. Midwinter, J. L. Warner,* Appl. Phys., 38, 519 (1967).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 551.14

ГЕОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР А. Т. Асланян
М. П. Воларович, А. И. Левыкин, А. В. Арутюнян

О составе, строении и упругих характеристиках земной коры и верхней мантии на территории Армении

(Представлено 15/V 1975)

Структура и состав земной коры и верхней мантии, а также процессы, протекающие в них, являются важной проблемой современной геофизики ([1-6]).

Ведущую роль в геологическом строении земной коры Армении играют метаморфические и магматические породы. Характерной особенностью геологии республики является развитие сети глубинных разломов и флексур ([7-9]), способствующие интенсивному развитию офиолитового магматизма и автометаморфизму оливинсодержащих магматических пород. Офиолитовые зоны, их строение и происхождение в последнее время привлекают к себе все большее внимание ([10] и др.). С одной стороны, они могут дать представление о составе «базальтового» слоя земной коры и прилегающей к коре верхней мантии, с другой стороны они контролируют разнообразные рудные формации.

С целью изучения данных, которые могут быть использованы при интерпретации сейсмических наблюдений для выявления состава и строения глубинных горизонтов земной коры, а также верхней мантии территории Армении, были проведены исследования скоростей распространения продольных и поперечных упругих волн v_p, v_s и плотности ρ при высоких давлениях в образцах базитов, ультрабазитов и их метаморфизованных разностей, отобранных из офиолитовых поясов Армении ([11, 12]).

Результаты исследований для образцов базальтов, диабазов и габбро показаны в обобщенном виде на рис. 1. Всего было изучено 40 образцов. Скорости в этих образцах варьируют в значительных пределах, что обусловлено большими различиями минерального состава и значений пористости и плотности. Область кривых $v_p = f(p)$ для базальтов и диабазов в основном перекрывается, и при давлениях 7—8 *кб* (соответствует глубинам $H = 25—30$ *км*) среднее значение скоростей достигает 6.20—6.50 *км/сек*, при этом величины плотности колеблются от 2,8

до 2,83 *г/см*³. Средний прирост скорости продольных волн во всем интервале давлений (0—20 *кб*) в базальтах и диабазах приблизительно одинаковый и составляет 10—12%, а плотности 4—6%. Скорости в об-

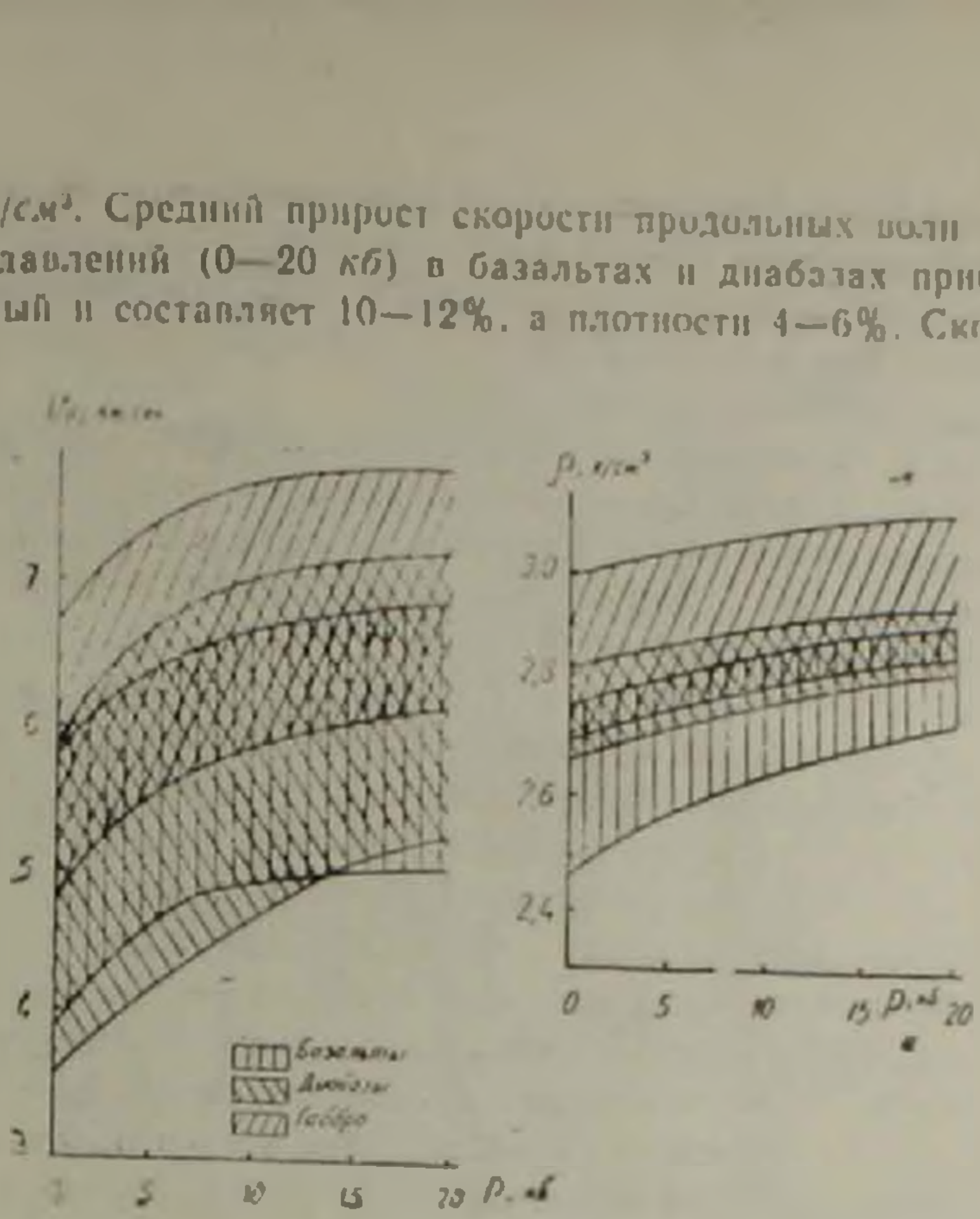


Рис. 1. Области значений скорости продольных волн и плотности в широком интервале давлений для пород основного состава

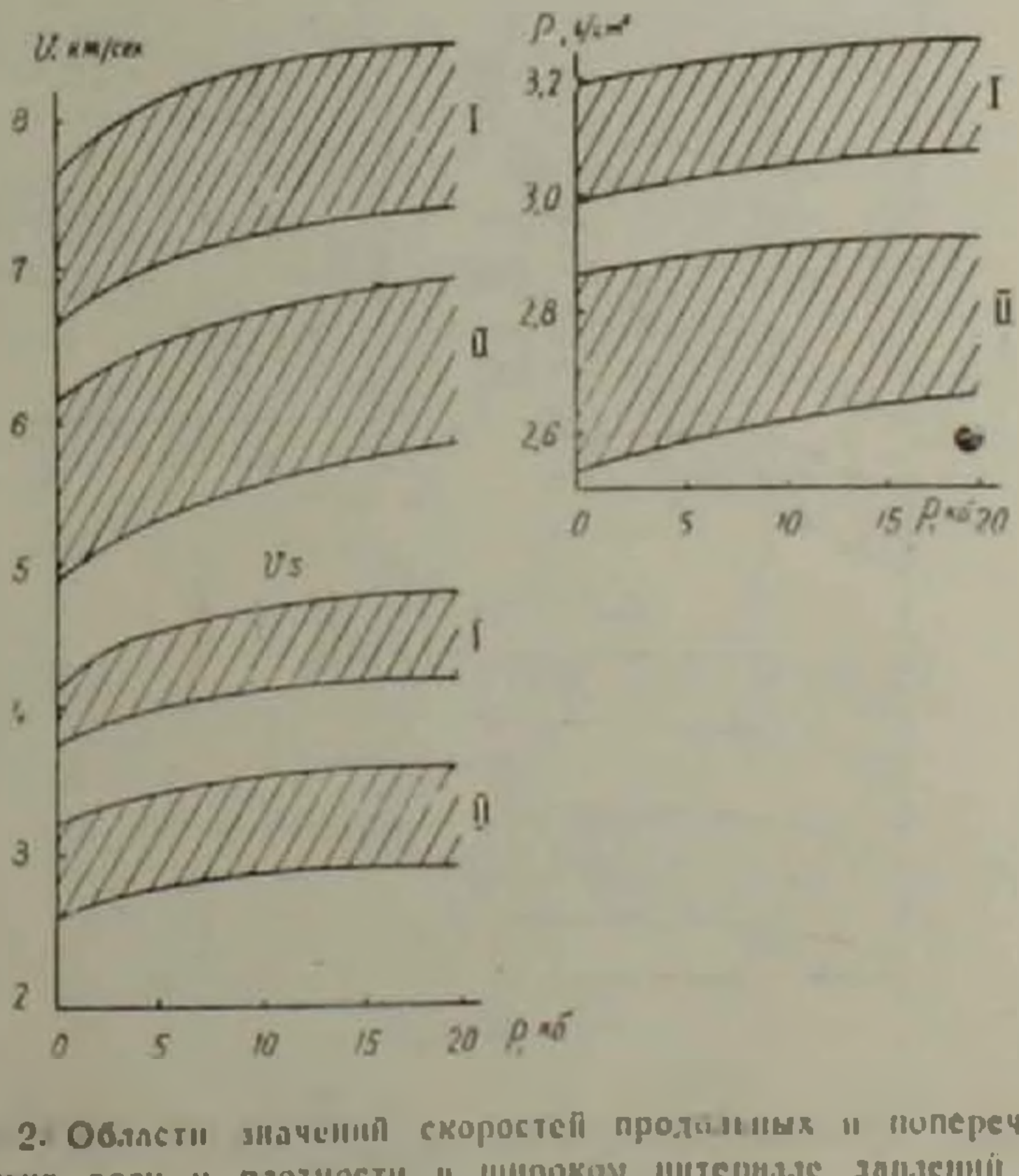


Рис. 2. Области значений скоростей продольных и поперечных упругих волн и плотности в широком интервале давлений для ультраосновных пород

разцах габбро несколько выше и при давлении 9—10 *кб* (*H* = 32—37 *км*) достигают значений 7,2—7,4 *км/сек*, плотность в этих породах при тех же давлениях варьирует в пределах 2,9—2,95 *г/см*³. Прирост скорости в интервале давлений 0—20 *кб* в породах габбро в среднем составляет 7—8%, а плотности 3—4%.

Результаты исследований ультраосновных пород приведены на рис. 2. Здесь выделяются две резко отличающиеся друг от друга области кривых $v_p = f(p)$ и $v_s = f(p)$, а также плотности в функции давления. В первую область вошли данные для 9, а во вторую—10 образцов. В первой из них, в которой наблюдаются более высокие значения скорости и плотности, находятся данные для слабо затронутых вторичными процессами образцов пород, во второй—данные для пород, в значительной степени серпентинизированных (свыше 10%). Скорости продольных и поперечных волн для пород первой группы при давлениях 15—17 *кб* (*H* = 50—60 *км*) достигают значений 7,90—8,40 *км/сек* и 4,30—4,50 *км/сек* соответственно, плотность—до 3,10—3,25 *г/см*³. Увеличение скорости во всем интервале давлений составляет 4—5%, а плотности—1,5—2,5%. Для второй группы скорости продольных и поперечных волн при давлениях 15—17 *кб* находятся в пределах значений 5,8—6,8 *км/сек* и 2,95—3,65 *км/сек* соответственно. Плотность σ варьирует от 2,65 до 2,95 *г/см*³. Среднее повышение скорости в интервале давлений 0—20 *кб* составляет 7—8%, а плотности 2—4%.

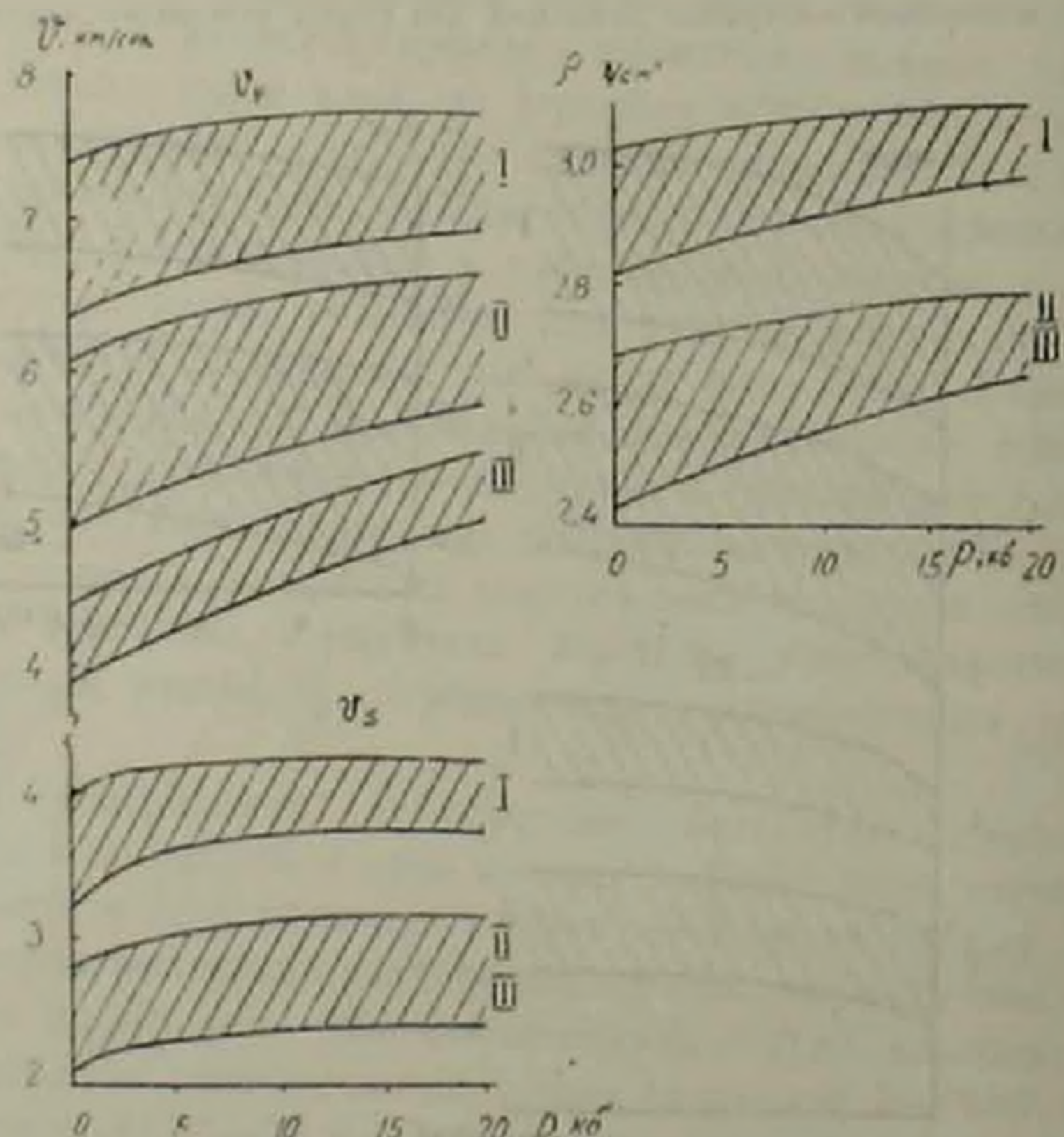


Рис. 3. Области кривых $v_p = f(p)$ и $v_s = f(p)$ для серпентинитов

Упругие и плотностные характеристики серпентинитов достаточно резко меняются при переходе от хризотиловых к антигоритовым разностям (рис. 3). Все кривые $v_p = f(p)$ для этих пород можно разбить по значениям скоростей продольных волн на три группы. В первую группу вошли 7, во вторую—15, а в третью 6 образцов горных пород. Первая группа кривых относится к образцам серпентинитов антигоритового состава, характеризующихся, как и в работе (13), высокими скоростями продольных волн. При давлении 15 *кб* скорость v_p достигает значений 7,1—7,6 *км/сек*. Прирост скорости в интервале давлений 0—20 *кб* для этой группы пород составляет 6—7%, плотности—2—3%. Во вторую область кривых сведены данные для образцов серпентинитов с большим содержанием серпентина хризотилового состава (до 50—55%). При давлении 15 *кб* скорость продольных волн достигает значений 6,0—6,4 *км/сек*, прирост скорости в интервале давлений 0—20 *кб* составляет для этих образцов 11—12%, плотности 7—8%. Третья область ограничена кривыми $v_p = f(p)$, полученными для образцов серпентинитов с содержанием хризотила 70% и более. Значение скоростей продольных волн при давлении 15 *кб* достигает 4,9—5,1 *км/сек*. Повышение скорости в интервале давлений 0—20 *кб* для этой группы составляет 18—19%, плотности—9—10%. Данные по скоростям поперечных волн показывают, что вторая и третья группы образцов пород разделяются не так четко, что, по-видимому, можно объяснить особенностям распространения поперечных волн в исследуемых образцах. Скорости поперечных волн в образцах первой группы при давлении 15 *кб* достигают значений 4,0—4,1 *км/сек*, а в образцах второй и третьей групп при давлении 15 *кб*—2,9—3,0 *км/сек*. Серпентиниты по значениям плотности также можно разделить на две группы: в первую группу относятся образцы с плотностью при давлении 15 *кб*—2,9—3,0 *г/см*^{3}, а во вторую группу входят образцы серпентинитов, для которых величина плотности в интервале давлении 15 *кб* варьирует в пределах 2,65—2,75 *г/см*^{3}.

В образцах амфиболитов скорость продольных волн v_p при давлении 15 *кб* достигает значений 6,3—6,5 *км/сек*., а в пластически деформированных лиственитах, которые представлены кремнистокарбонатными разностями, скорость их, при тех же давлениях, составляет 5,5 *км/сек*., а плотность—2,8—2,9 *г/см*^{3}.

Сопоставление полученных данных по упругим и плотностным свойствам для базитов, ультрабазитов и метаморфизованных пород с данными, имеющимися в литературе (2—4 и др.) для названных типов горных пород, показало в общем хорошее согласие.

При исследованиях вычислялось отношение скоростей продольных и поперечных волн v_p/v_s. Эти данные представляют большой интерес для сейсмологии и косвенно характеризуют пластические свойства горных пород. Значения v_p/v_s для разных типов горных пород, можно разделить на три группы. В первую группу, в которой отношение скоростей в интервале давлений 0—20 *кб* варьирует в пределах 1,6—1,8, входят снежные ультраосновные породы, пластически деформирован-

ные антигоритовые и антигорит-хризотиловые серпентиниты, лиственитты. Во вторую группу входят образцы, в которых величина v_p/v_s колеблется в пределах 1,8—1,9. К ним относятся породы основного состава—базальты и габбро, а также слабо серпентинизированные ультрабазиты, хризотил-антигоритовые серпентиниты и амфиболиты. В третью группу входят образцы серпентинизированных ультраосновных пород и хризотиловых серпентинитов, для которых при нормальных условиях величина v_p/v_s выше 1,9. В этих образцах получены самые высокие значения v_p/v_s, которые при 10—15 *кб* достигают величины 2,3—2,4. В этих же образцах наблюдается самый высокий прирост v_p/v_s с увеличением давления.

Скоростной разрез земной коры и верхней мантии территории юго-западной части Армянской ССР, построенный по последним предварительным данным геофизической станции «Земля» (Н. В. Гаритовская, С. В. Смирнов), показан на рис. 4. Новым и интересным фактом для этой территории является наличие переходного слоя пониженных скоростей у подошвы земной коры на глубине в среднем 40—52 *км*, который, как предполагают сейсмологи, обладает высокими значениями отношения v_p/v_s, или соответственно относительно высоким значением коэффициента Пуассона ν (согласно формуле: $v_p^2/v_s^2 = (2-2\nu)/(1-2\nu)$). Переходной слой от земной коры к мантии перемежающейся породами

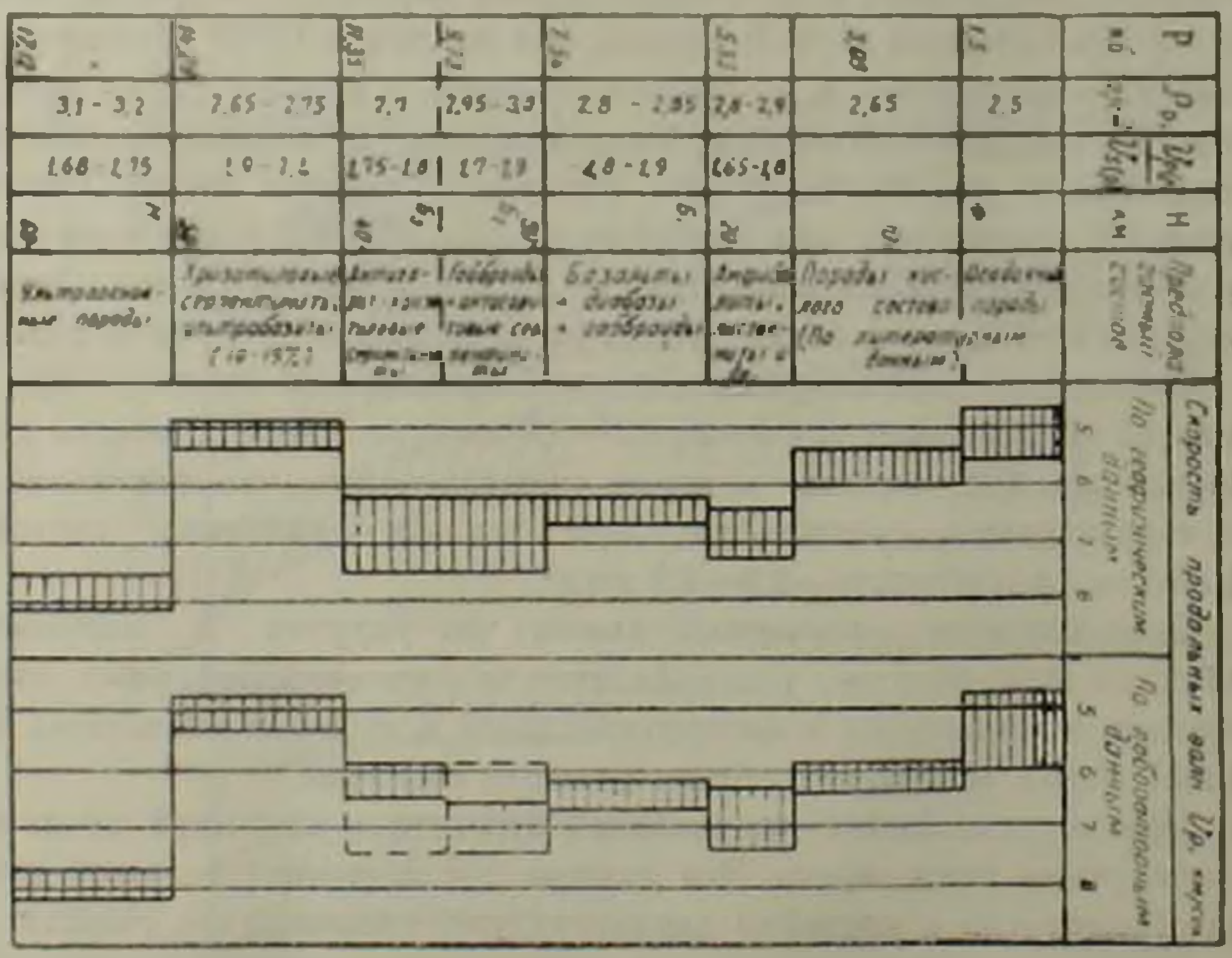


Рис. 4. Предполагаемый вещественный и скоростной разрез литосферы юго-западной части территории Армении по геофизическим и лабораторным данным

с повышенными и пониженными значениями скоростей v_p обнаружено и в других районах Советского Союза ([11] и др.). Сейсмологи указанный факт связывают с оплотненностью или частичным плавлением этого слоя.

Сопоставляя полученные нами результаты по скоростям упругих волн и плотности для разных типов горных пород со скоростным разрезом и учитывая данные авторов работ ([5], [6] и др.), которые предполагают наличие серпентинитов вблизи поверхности Мохо, можно предложить следующий вещественный разрез литосферы в Армении.

Слой пониженных скоростей (с.п.с.) над поверхностью Мохо мощностью 10—11 км является переходным слоем пород ультраосновного состава к серпентинитам. Принимая во внимание данные лабораторных исследований скоростей упругих волн и сопоставляя их с результатами геофизических измерений, можно принять что с.п.с. состоит из хризотиловых серпентинитов (80—90%) и ультраосновных пород (10—15%). В этом случае скорости продольных волн составляют приблизительно 5,35—5,55 *км/сек*, а поперечных волн—2,25—2,6 *км/сек*. Оценка поправки за счет влияния температуры (принимая последнюю на уровне 500° С) уменьшает значения скоростей v_p до 5,1—5,3 *км/сек*, а v_s до 2,15—2,5 *км/сек*. При этом величина v_p/v_s колеблется от 2,1 до 2,4. Среднее значение плотности для принятого нами состава с.п.с. γ —2,65—2,75 *г/см*^{3}. К сожалению, данных полевых измерений плотности пока нет.

Над слоем пониженных скоростей лежат серпентинизированные горные породы антигорит-хризотилового состава со скоростями продольных волн 6,0—6,4 *км/сек*. Выше расположены деформированные серпентинизированные породы антигоритового состава и габброиды, для которых скорость продольных волн составляет 6,9—7,6 *км/сек*. Вероятнее всего, что нет резкого разделения вещества этих слоев. Происходит постепенный переход состава от пониженного антигорит-хризотилового серпентинитового слоя B_3 к верхнему слою B_2, состоящему из габбро и антигоритовых серпентинитов. Если объединить эти два слоя в один, то скоростной разрез будет иметь вид, как показано на рис. 4 пунктиром.

Выше расположен слой, представленный породами основного состава (базальты, диабазы и в малом количестве габброиды), в которых скорости продольных волн составляют 6,2—6,6 *км/сек*. Над слоем B_2 прослеживаются метаморфизованные породы, обладающие высокими значениями скоростей (v_p =6,8—7,4 *км/сек* при P=5 *кб*). Выше метаморфизованного слоя находятся породы кислого состава и осадочно-вулканогенной толщи, которые нами не изучались. Под слоем пониженных скоростей прослеживаются ультраосновные породы, в которых скорости продольных волн достигают значений 7,9—8,3 *км/сек*.

Из анализа изученного материала можно заключить, что граница раздела Мохо в эвгеосинклиналях является результатом перехода от серпентинизированных пород к ультраосновным породам. Однотипность

состава и строения офиолитовых поясов земного шара ([10] и др.) дает основание предполагать, что в орогенных поясах поверхность Мохо может обусловливаться процессом серпентинизации и переходом от значительно серпентинизированных пород к ультраосновным породам. Вместе с этим заслуживает внимания гипотеза о габбро-анортозитовой природе первозданного нижнего горизонта трехслойной модели коры, который мог соответствовать анортозитовой лунной коре, являющейся продуктом петро-металлургической дифференциации первичной расплавленной габбро-перидотитовой толщи Луны в период времени 4—4,5 · 10^9 лет т. н.

Ереванский политехнический институт
Институт физики Земли
Академии наук СССР

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ, Ա. Ի. ԼԵՎԻԿԻՆ, Մ. Պ. ՎՈԼԱՐՈՎԻՉ, Ա. Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Հայաստանի տարածքում երկրակեղևի և վերին պատյանի կազմի, կառուցվածքի և առաձգական հատկությունների մասին

Հայաստանի օֆիոլիտային գոտիներից բերված հիմնային, ուլտրահիմնային և մետամորֆային ապարների փորձանմուշների բարձր ճնշման պայմաններում կատարված լաբորատոր ուսումնասիրությունների հիման վրա որոշված է նրանցում առաձգական ալիքների տարածման արագության, ինչպես նաև խտության փոփոխությունների սահմանները։ Որոշված է ապարների պլաստիկ հատկությունը բնորոշող ցուցանիշի փոփոխությունն ըստ խորության։

Լաբորատոր և գեոֆիզիկական հետազոտությունների տվյալների համեմատության հիման վրա տրված է երկրակեղևի ներքին հորիզոնների և վերին պատյանի հնարավոր կազմը, կառուցվածքը և առաձգական հատկությունները։ Ենթադրվում է, որ սեյսմիկ հարթությունները «բազալտային» շերտում կարող են պայմանավորվել սերպենտինիտների տարատեսակների առկայությամբ։ Մոխորովիչիչի հարթությունը, ամենայն հավանականությամբ, հանդիսանում է խրիզոտիլային սերպենտինիտներից ուլտրահիմնային կազմի ապարների անցման արդյունք։ Ինչ վերաբերում է կեղևի ստորին «բազալտային» շերտին, ապա այն կարող է կազմված լինել ինչպես բազալտային ու գրանուլիտային անսամբլի միներալներից և սերպենտինիտներից, այնպես էլ գաբբրո-անորթոզիտային ապարներից։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. П. Воларович*, Исследование физических свойств горных пород при высоких давлениях и температурах, Геофиз. сб. № 11, 1964. [2] *М. П. Воларович, Е. И. Баюк, А. И. Левыкин, И. С. Томашевская*, Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах, Изд-во «Наука», М., 1974. [3] *Т. С. Лебедев, Д. В. Корчиец, В. И. Шаповал, В. Р. Корчин*, Упругие свойства горных пород

при высоких давлениях. Изд. «Наукова думка» Киев, 1972. [4] Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. Материалы IV Всесоюзного совещания по физическим свойствам горных пород. Тбилиси, 1974. [5] *Э. И. Пархоменко, А. Т. Бондаренко*, Электропроводность горных пород при высоких давлениях и температурах. Изд. «Наука», М., 1972. [6] *Ф. Берч*, Некоторые геофизические приложения исследований при высоких давлениях, в кн.: Твердые тела под высоким давлением, пер. с англ. Изд. Мир, М., 1964. [7] *А. Т. Асланян*, Региональная геология Армении, Изд. «Айпетрат», 1958. [8] Геологии СССР, т. 43, «Армянская ССР», Изд. «Недра», М., 1970. [9] Геологии Арм. ССР, т. X. Геофизика. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972. [10] *А. В. Пейве*, «Геотектоника», № 4, 1969. [11] *М. П. Воларович, А. И. Левыкин, А. В. Арутюнян*, Сб. Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. Тбилиси, 1974. [12] *А. В. Арутюнян*, «Известия» Арм. ССР», «Науки о Земле», № 5, 1974. [13] *М. П. Воларович, А. И. Левыкин, В. Я. Элевич*, «Известия АН СССР, сер. геол.», № 12, 1972. [14] *Н. И. Давыдова, И. П. Косминская, Н. К. Капустян, Г. Г. Михота*, Геофизический сб. АН УССР, вып. 51, «Наукова думка», Киев, 1973. [15] *Х. Х. Хесс*, В сб. «Земная кора», ИЛМ, 1957. [16] *С. В. Москалева*, Сб. «Проблемы строения земной коры и верхней мантии», Изд. «Наука», т. 1970.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 549.01

МИНЕРАЛОГИЯ

Р. Г. Геворкян, Ю. А. Дуленков, Ю. А. Клюев, В. И. Нешта,
А. С. Павленко, Г. Л. Платонов, В. С. Шмаков

О находке и исследовании кристаллов алмаза в Армении

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. Т. Асланяном 25/IV 1975)

Первые два кристалла (№№ 1, 2) алмаза, обнаруженные случайно в обломке* оливинсодержащей (форстерит) ультраосновной породы** вблизи северного портала тоннеля под Пушкинским перевалом [1, 2] детально изучены в институте ВНИИАЛМАЗ. По этим данным приводится нижеследующее описание.

Обломок породы, неоднородной структуры, довольно плотный зеленовато-голубого цвета с мелкими темными вкрапленниками, обладал первоначальными размерами: 10×15×5 *см*. Первые два алмаза представляют собой бесцветные прозрачные октаэдры почти правильной формы, один из них с гладкими гранями в дальнейшем будем обозначать № 1, другой со скульптурными гранями—№ 2 (рис. 1).

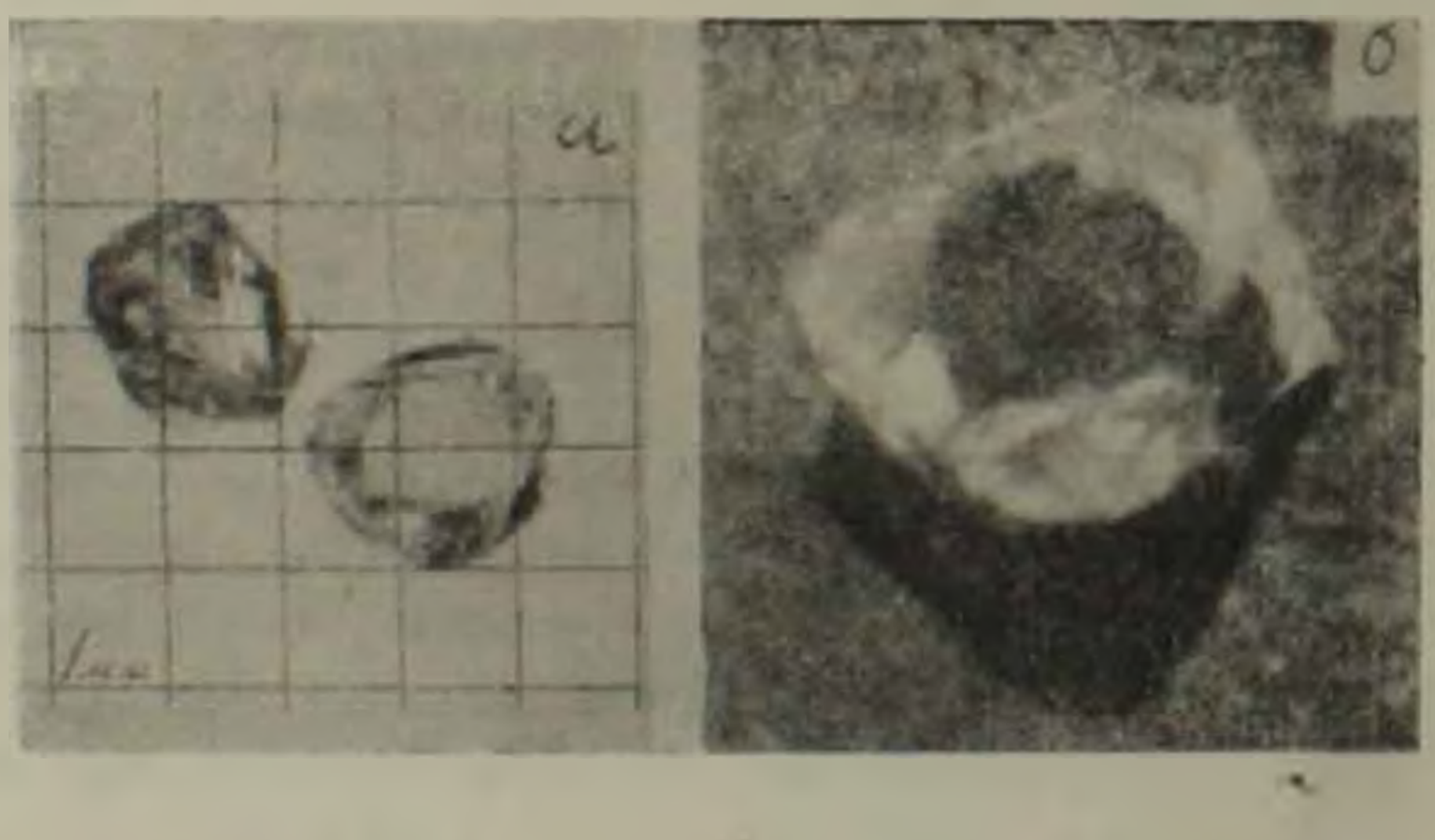


Рис. 1. *а*—Первые кристаллы алмаза из Армении;
б—Октаэдрический кристалл №1 алмаза

В кристалле № 1 (вес 11,0 *мг*; размеры: 2,0×1,5×1,4 *мм*) напряжение неравномерно распределено по кристаллу и доходит до II порядка.

---

* Обломок породы обнаружен В. С. Шмаковым (ГЕОХИ АН СССР, Москва, 1970).

** Прогноз относительно вероятности обнаружения алмаза в связи с ультраосновными породами Севано-Амасийского пояса высказывался неоднократно с 1948 г. геологами Арм. ГУ при СМ Арм. ССР и ИГН АН Арм. ССР

Его флуоресценция очень слабая, блекло-голубая. Алмаз № 2 (вес 10,5 мг; размеры: 1,8×1,6×1,4 мм) характеризуется напряжением I порядка с окраской до желтого цвета (по таблице Мишель-Леви). Фотолюминесценция также очень слабая. Для обоих кристаллов замечено образование у одной или нескольких вершин розетки плоскостей, наклоненных под углом к (110) и (100). Положение этих плоскостей приблизительно соответствует (120).

Топографии в рентгеновских лучах были получены по методу Лэнга в широком пучке Cu-излучения. Кристаллы напряжены, деформированные участки прилегают к граням. В образце № 1 наблюдается также объемное напряжение трубчатого типа с ориентацией вдоль III. В кристалле № 2 отчетливо наблюдаются объемные дефекты, повторяющие ступени граней, и, следовательно, явно возникшие в процессе роста. Топография в УФ лучах была получена с помощью специальной установки ВНИИАЛМАЗ-а. В монохроматических лучах с λ =250 и 280 *нм* изображения обоих алмазов на фотопластинке однородны по плотности. Мозаичность и разориентировка блоков в кристалле проводилась на дифрактометре ДРОН-1 с 2-х кристальным монохроматором. Исследовались ширина и форма дифракционной линии образцов. Для кристалла № 2 разориентировка блоков составила (4,75±0,3)'. Кристаллы XII группы МРТУ Якутских и зарубежных месторождений имеют разориентировку блоков всего 0,6—3. Инфракрасные (ИК) спектры поглощения регистрировались с помощью двулучевого спектрофотометра Лейтц III с микроосветителем 6 : 1. ИК спектры кристаллов №№ 1 и 2 характерны для наиболее распространенных природных алмазов, содержащих азот и относящихся к типу Ia физической классификации. В области 2,5—6,5 *мкм* проявляются собственные колебания кристаллической решетки алмаза, более длинноволновая область 6,5—11 *мкм* обусловлена примесями, главным образом, азотом и структурными дефектами кристалла. Максимум наиболее интенсивных полос 1370, 1282, 1215, 1175, 1100 и 1010 $см^{-1}$ совпадают с известными значениями. В образце № 2 несколько более развиты полосы 1370 и 1175 $см^{-1}$, проявляется система полос 3107, 1568 и 1405 $см^{-1}$. Общая концентрация азота в алмазах № 1 и № 2 определялась по интенсивности в максимуме полосы 1282 $см^{-1}$ по Кайзеру и составляет $(2,2\pm0,2)\ 10^{20}$ $ат/см^3$ или 0,12 вес % I. УФ спектры поглощения регистрировались на двулучевом спектрофотометре ЮНИКАМ 800 В. В спектрах алмазов № 1 и № 2 проявляется очень слабая полоса 415 *нм* (в последнем она развита сильнее) с сопутствующей системой полос и сплошное поглощение, начинающееся примерно с 320 *нм*, которое обусловлено примесным непарамагнитным азотом. В области 225—240 *нм* не замечено характерной системы полос возбуждения фотолюминесценции. Микроволновые спектры поглощения (спектры ЭПР) были получены на электронном анализаторе ЭПА-2М в диапазоне 3 *см*. Наблюдается спектр парамагнитного азота, замещающего атомы углерода, концентрация которого обычна для природных алмазов, примерно 10^{15} $ат/см^3$ или 10^{-6} вес. %.

При обсуждении полученного материала используются понятия

типов алмазов (например, Ia и III) физической классификации и их характеристики по спектрам поглощения

В кристалле № 1 наряду с центром A (главные полосы 1282, 1203 и 1100 $см^{-1}$) проявляется B_2—центр, характеризующийся полосой 1370 $см^{-1}$. Соотношение интенсивностей в максимумах полос $\frac{a\ 1370}{a\ 1282} = 0.15 \pm 0.03$.

В кристалле № 2 количественное соотношение центров A и B_2 такое же, в дополнение имеется небольшое количество дефектных центров B_1 (полосы 1175, 1100 и 1010 $см^{-1}$). По интенсивности B_1-центр составляет не более 5—7% от интенсивности A-центра в кристалле. Система полос 3107, 1568 и 1405 $см^{-1}$ в спектре алмаза № 2 многократно наблюдалась в спектрах природных алмазов. По одной из точек зрения происхождение ее связано с наведенными дефектами решетки, вызванными радиационным облучением с последующим отжигом.

В заключение отметим: по качественным показателям спектров и изученным физическим свойствам данные алмазы из Армении не содержат никаких специфических дефектов кристаллической решетки, которые бы не встречались ранее в алмазах других месторождений. Исследованные алмазы являются характерными алмазами типа Ia, то-есть содержащими преимущественно скопления азотных примесей замещения (A—центр) с дополнительными дефектами в виде азотных кластеров—platelets (B_2—центр). Сравнение статистически усредненных ИК спектров алмазов Якутии, Урала и некоторых зарубежных месторождений той же размерности со спектрами данных алмазов показало, что в последних отсутствуют или содержатся в незначительном количестве дефекты, определяющие тип III алмаза (B_1—центр). На основании представлений о взаимосвязи между дефектами кристаллов алмаза и pT-условиями их роста можно предположить: алмазы из Армении, обладающие преимущественно A-дефектами, росли в условиях пониженных температур, хотя бы по сравнению с температурами образования алмазов Якутии и других изучавшихся нами месторождений, так как в последних центральная часть кристалла, как правило, содержит центры B_1 в сочетании с A—центрами; алмазы из Армении росли сравнительно быстро, на что указывают мозаичность кристаллов, высокая степень разориентировки блоков в кристаллах. Это подтверждается также однородностью УФ топографий данных алмазов, что возможно при сохранении постоянства pT-условий и химизма среды в процессе роста. Выявленные впоследствии (1971—74 гг.) уже в результате целенаправленных поисковых работ из рыхлых отложений в бассейне р. Дзорагет и на северо-восточном побережье оз. Севан около трех десятков мелких кристаллов алмаза подтвердили алмазоносность района первой находки, а кристаллы показали сходные физические свойства ([1-]). Электронномикроскопическое исследование мелких алмазов Армении выявило их существенное отличие от украинских и др. (Самойлович М. И., ВНИИСИМС) ([3]). Эти работы проводятся совместно сотрудниками кафедры геологии Ереванского политехнического института им. К. Маркса

и Управления геологии Совета Министров Армянской ССР.

Ереванский политехнический
институт им. К. Маркса

Ռ. Գ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, ՅՈՒ. Ա. ԳՈՒԴԵՆԿՈՎ, ՅՈՒ. ԿԼՅՈՒԵՎ, Վ. Ի. ՆԵՊՇԱ,
Ա. Ս. ՊԱՎԼԵՆԿՈ, Գ. Լ. ՊԼԱՏՈՆՈՎ, Վ. Ս. ՇՄԱԿՈՎ

Հայաստանում ալմաստի բյուրեղների հայտնաբերման և ուսումնասիրության մասին

Հոդվածում բերվում են ալմաստի առաջին երկու բյուրեղների ֆիզիկական հատկությունների մանրակրկիտ ուսումնասիրությունների արդյունքները, որոնք պատահաբար հայտնաբերվեցին Վ. Ս. Շմակովի կողմից օլիվինային ավազի բեկորում Պուշկինյան լեռնանցքի տակով անցնող թունելի Հյուսիսային հատվածում (Բազումյան լեռնաշղթա)։

Ստացված տվյալների համաձայն ուսումնասիրված բյուրեղները հանդիսանում են a տիպի ալմաստներ, իսկ ցանցի դեֆեկտների և ԷՊ պայմանների համադրման կապի անալիզի հիման վրա կարելի է ենթադրել, որ նրանք աճել են ցածր ջերմաստիճանների պայմաններում և համեմատաբար արագ։

Հետագայում (1971-74 թ.թ.) արդեն նպատակասլաց որոնողական աշխատանքների ընթացքում Զորագետ գետի ավազանի և Սևանա լճի հյուսիսարևելյան ափի փխրուն-գրունային նստվածքներում հայտնաբերվեցին շուրջ երեք տասնյակ ալմաստի նոր բյուրեղներ, որը հաստատեց մի կողմից առաջին հայտնաբերման ալմաստաբերությունը, իսկ մյուս կողմից հայտնաբերված մանր ալմաստի բյուրեղները ցուցաբերեցին համանման ֆիզիկական հատկություններ։

Այդ աշխատանքները տարվում են համատեղ Երևանի Կ. Մարքսի անվան պոլիտեխնիկական ինստիտուտի երկրաբանության ամբիոնի և Հայաստանի մինիստրների խորհրդի երկրաբանական վարչության աշխատողների կողմից։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. С. Павленко, Р. Г. Геворкян, А. Т. Асланян, Э. Х. Гулян, С. А. Паланджян, О. С. Егоров*, «Геохимия», № 3, 1974. [2] *Ф. В. Каминский, Б. И. Прокопчук*, «Природа», № 10, 1974. [3] *Р. Г. Геворкян, Г. Б. Бабаян, А. П. Бобриевич* и др. Мелкие алмазы из рыхлых отложений Армении. Сб. трудов Армгеолобщества, № 1, 1975.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 576.8.06:81.192.7

МИКРОБИОЛОГИЯ

П. Л. Калайджян, академик М. Х. Чайлахян

Образование физиологически активных веществ в растениях сои при активном и неактивном симбиозе

(Представлено 17. V. 1975)

Данными наших предыдущих работ выяснилось, что инокуляция бобовых растений клубеньковыми бактериями стимулирует синтез гиббереллиноподобных и ауксиноподобных веществ в листьях и корнях фасоли и сои ([1]). По поводу синтеза физиологически активных веществ бобовыми растениями при активном и неактивном симбиозе с клубеньковыми бактериями в более ранних работах были высказаны противоречивые мнения ([2,3]). Однако позднее в работе Д. Н. Таркашвили ([4]) и в нашей работе было показано, что при инокуляции бобовых растений активными штаммами клубеньковых бактерий образование физиологически активных веществ в корнях и листьях бобовых растений идет более интенсивно, чем при инокуляции неактивными штаммами.

Учитывая результаты этих работ, мы поставили целью сопоставить интенсивность синтеза гиббереллинов и ауксинов в растениях сои при активном и неактивном симбиозе с клубеньковыми бактериями.

В условиях вегетационного опыта, в 4-килограммовых сосудах, на стерилизованном речном песке со смесью Прянишникова выращивались растения сои. Азот давался в размере 1/4 нормы. Семена сои сорта «Имеретский» инокулировались клубеньковыми бактериями сои неактивным штаммом 640 и активным штаммом 648. Имелись также контрольные, неинокулированные растения.

Гиббереллиноподобные вещества в листьях, корнях и клубеньках сои определялись методом В. И. Ложниковой, Л. П. Хлопенковой, М. Х. Чайлахяна ([5]), а ауксиноподобные вещества методом В. И. Кефели, Р. Х. Турецкой ([6]). Для идентификации гиббереллинов использовался растворитель: изопропанол—вода (35 : 14), для идентификации ауксинов: изопропанол—аммиак—вода (10 : 1 : 11. Распределение веществ на хроматограммах проводилось в восходящем токе. Физиологическая активность гиббереллиноподобных веществ определялась по интенсивности роста проростков огурца ([7]); физиологическая активность ауксиноподобных веществ—по интенсивности роста проростков пшеницы ([8]).

Биопробы ставились на элюатах, полученных из разных зон хроматограмм экстрактов из листьев, корней и клубеньков. Данные роста проростков огурца и пшеницы подверглись статистической обработке. Обнаружение и идентификация ауксинов производились также методом цветных реакций.

Таблица 1

Влияние инокуляции активным и неактивным штаммом клубеньковых бактерий на рост и развитие растений сои

Варианты опыта	Количество растений	Средняя длина, см: стеблей	Средняя длина, см: корней	Сырой вес 15-и растений, г: надземных частей	Сырой вес 15-и растений, г: корней	Клубеньки: количество	Клубеньки: вес, г	Общий азот, г: в листьях	Общий азот, г: в корнях	Общий азот, г: в растениях	Прибавка веса растений к контролю, %
Контроль: неинокулированные	15	31	17	57·0	74·0	—	—	1·19	2·16	3·35	100
Инокулированные клубеньковыми бактериями шт. 640	15	33	18	66·0	72·0	58	1·85	1·65	1·53	3·18	165
Инокулированные клубеньковыми бактериями шт. 648	15	35	18	91·0	110·0	507	8·8	2·54	2·42	4·96	152

Опыты показали, что разница в росте растений у различных вариантов невелика, однако, различие в весе растений достаточно заметно (табл. 1). В контрольном варианте вес надземных частей у 15 растений составляет 57 *г.*, в варианте с заражением неактивным штаммом 640—66 *г.*, а при заражении активным штаммом 648—91 *г.* Прибавка веса надземных частей и корней по сравнению с контрольным вариантом при заражении активным штаммом составляет 52%, а при заражении неактивным штаммом—5%. Контрольные растения были без клубеньков. У 15 растений, инокулированных штаммом 640, среднее число клубеньков—58 весом 1,85 *г.* у 15 растений, инокулированных активным штаммом 648, образовалось 507 клубеньков весом—8,8 *г.* Как показывают данные таблицы, содержание азота также различно. Прибавка количества азота у растений, инокулированных активным штаммом, составляет 48% по сравнению с контрольным вариантом, а при инокуляции растений неактивным штаммом прибавки в количестве азота не наблюдается.

Хроматографические анализы и просмотры под ультрафиолетовыми лучами показали, что на хроматограммах листьев и корней разных вариантов растений сои проявляются одинаковые пятна гиббереллиноподобных веществ. Однако они отличаются по своей величине и интенсивности окраски, которая вероятно обусловливается разными количествами этих веществ в пятнах. Равным образом хроматографические анализы и просмотры под ультрафиолетовыми лучами, а также цветные реак-

ции показали, что в эфирных экстрактах листьев контрольных и опытных растений содержатся аналогичные ауксиноподобные вещества; однако они отличаются по величине пятна и по интенсивности окраски.

Результаты определений гиббереллиноподобных веществ приводятся в табл. 2 и 3 и на рис. 1.

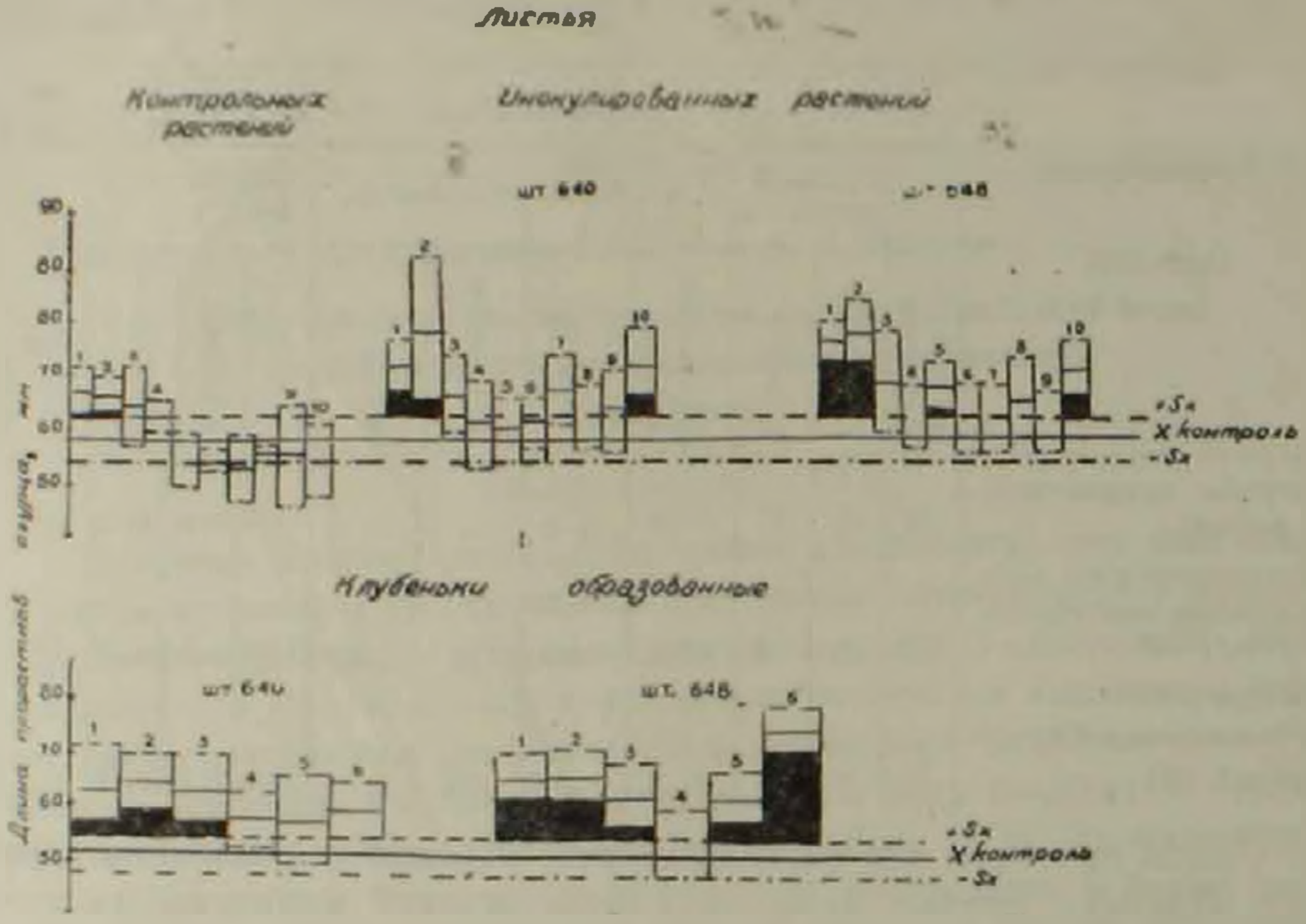


Рис. 1

Данные табл. 2 и рис. 1 указывают на наличие гиббереллиноподобных веществ в листьях растений сои. Оказывается, что только два элюата (*Rf* 0,06 и 0,11) из проявленных 10-и пятен хроматограмм листьев контрольных растений имеют достоверную физиологическую активность. В варианте листьев растений, инокулированных неактивным штаммом шт. 640 достоверную физиологическую активность проявляли элюаты из 3-х пятен (*Rf* 0,06, 0,11, 0,94). При этом степень достоверной активности этих элюатов выше по сравнению с соответствующими пятнами листьев контрольных растений и выражается: 3,6; 3,4; 3,9. На хроматограммах листьев растений, инокулированных активным штаммом (шт. 648) достоверная физиологическая активность проявляется у элюатов 4-х пятен (*Rf* 0,06; 0,11; 0,40, 0,94), и степень физиологической активности этих пятен намного выше по сравнению с теми же пятнами хроматограмм из листьев растений с неактивным симбиозом. Например, если физиологическая активность пятна с *Rf* 0,06 листьев контрольных растений равна 3,3, то физиологическая активность этого же пятна листьев из растений с неактивным симбиозом равна 3,6, а с активным симбиозом 7,5. Степень физиологической активности пятна с *Rf* 0,11 в листьях контрольных растений с неактивным и активным симбиозом составляет соответственно 3,1, 3,4 и 6,5. Если физиологическая активность пятна с *Rf* 0,94 из хроматограмм листьев контрольных растений

ниже достоверности, то при неактивном симбиозе физиологическая активность этого же пятна выражается цифрой 3,9, а при активном симбиозе—4,3. Высокая степень достоверности физиологической активности хроматограмм из листьев растений с активным симбиозом по сравнению с вариантом неактивного симбиоза и с контрольным хорошо выражена на гистограмме рис. 1.

Таблица 2

Рост проростков огурцов на элюатах хроматограмм из экстрактов растений сои, инокулированных активным и неактивным штаммами клубеньковых бактерий

Rf пятна	Листья					
	Контрольных растений		Инокулированных шт. 6Ш		Инокулированных шт. 648	
	$X \pm Sx$	t	$X \pm Sx$	t	$X \pm Sx$	t
		Контроль	(хром. бумага)	50.1 ± 1.8		
0.06	67.9 ± 1.9	3.3	73.2 ± 3.7	3.6	78.2 ± 1.8	7.5
0.11	67.1 ± 1.8	3.1	79.1 ± 3.5	3.4	76.8 ± 2.4	6.5
0.18	65.6 ± 2.7	2.0	67.5 ± 3.0	2.4	69.0 ± 3.8	2.5
0.28	61.3 ± 2.4	0.7	61.6 ± 3.3	0.6	62.9 ± 2.8	1.1
0.40	54.9 ± 1.9	1.6	60.6 ± 2.4	0.5	68.6 ± 2.2	3.3
0.51	55.2 ± 1.3	1.7	61.6 ± 2.0	0.9	61.8 ± 2.4	0.9
0.66	54.4 ± 2.1	1.7	68.2 ± 2.5	2.7	63.1 ± 2.7	1.2
0.74	55.6 ± 1.8	1.2	65.1 ± 2.5	1.9	66.9 ± 3.4	2.0
0.86	56.2 ± 3.5	0.7	64.0 ± 2.1	1.6	62.5 ± 2.2	1.1
0.94	54.8 ± 3.0	1.2	72.6 ± 2.9	3.9	72.1 ± 2.4	4.3

X — средняя длина проростков огурцов, мм; Sx — квадратичное отклонение от среднего; t — степень достоверности

Данные биопроб поставленных на элюатах хроматограмм из экстрактов корней растений сои (табл. 3) почти не показали достоверной физиологической активности, характерную гиббереллинам, вероятно, в связи с незначительным количеством этих веществ. А данные биопроб, поставленных на элюатах хроматограмм из клубеньков (табл. 3 и рис. 1), показали, что на хроматограммах клубеньков, образовавшихся при инокуляции неактивным штаммом достоверную физиологическую активность имеют 3 пятна (*Rf* 0,10, 0,19, 0,26) и степень их достоверности равна 3,2, 4,7 и 3,6. На хроматограммах клубеньков, образовавшихся при инокуляции активным штаммом степень физиологической активности этих же пятен выражается соответственно цифрами 5,3, 5,7 и 3,1. Пятна с *Rf* 0,60 и 0,88 в варианте клубеньков с неактивным симбиозом не имеют достаточной физиологической активности, тогда как физиологическая активность этих же пятен в варианте клубеньков с активным симбиозом выше и выражается: 3,9 и 8,9.

Результаты определений ауксиноподобных веществ приведены в табл. 4 и на рис. 2.

Данные биопроб, поставленных, на колеоптилях пшеницы (табл. 4)

Таблица 3

Рост проростков огурцов на элюатах зон хроматограмм из экстрактов растений сои инокулированных активным и неактивным штаммами клубеньковых бактерий

Rf зоны	Корни					
	Контрольных растений		Инокулированных шт 640		Инокулированных шт 618	
	$X \pm Sx$	t	$X \pm Sx$	t	$X \pm Sx$	t
			Контроль	(хром. бумага)	−60.4±3.5	
0.10	54.0±2.4	1.5	62.5±2.0	0.5	66.8±2.0	1.5
0.20	51.4±1.6	2.3	67.9±2.5	1.7	71.8±3.9	2.1
0.36	47.5±1.3	3.4	55.8±1.6	1.1	62.0±1.8	0.4
0.42	49.8±1.6	2.7	53.9±1.5	1.7	56.6±0.8	1.0
0.48	59.3±1.6	0.2	59.3±1.0	0.3	55.6±1.5	1.2
0.58	55.4±1.9	1.2	61.7±1.8	0.3	65.1±3.1	1.0
0.72	50.3±1.6	2.6	69.7±2.5	2.1	53.3±2.5	1.6
0.84	62.2±3.5	0.4	64.1±1.9	0.9	63.4±2.2	0.7
				Клубеньки		
0.10			63.4±3.2	3.2	65.3±1.9	5.3
0.19			64.3±2.1	4.7	66.3±1.9	5.7
0.26			63.1±2.7	3.6	61.9±2.8	3.1
0.42			58.0±2.1	2.4	54.2±2.4	0.9
0.60			58.1±3.1	1.9	62.0±2.0	3.9
0.88			59.6±2.3	2.6	74.7±1.9	8.9

X — средняя длина проростков огурцов, *мм*; *Sx* — квадратичное отклонение от среднего; *t* — степень достоверности.

показали, что физиологическая активность элюатов хроматограмм из листьев контрольных растений сои не достоверна, а физиологическая активность элюатов хроматограмм из листьев, инокулированных растений находится в пределах достоверности. При активном симбиозе степень активности намного выше. Например, физиологическая активность элюатов из хроматограмм листьев в зоне *Rf* 0,10 при неактивном симбиозе не достоверна (2,6), а при активном симбиозе достоверна—3,4. Степень физиологической активности элюатов из хроматограмм с *Rf* 0,22 и 0,94 при неактивном симбиозе составляет 3,4 и 3,2, а при активном—соответственно 4,7 и 4,0.

Подобная закономерность наблюдается также в отношении корней. Физиологическая активность элюатов с *Rf* 0,10 у контрольных растений с инокуляцией неактивным штаммом 640 не достоверна, а при активной инокуляции она составляет 6,8. Физиологическая активность элюатов с *Rf* 0,50 контрольных, инокулированных неактивным и активным штаммом составляет соответственно 2,1, 3,3 и 4,3.

Высокая физиологическая активность ауксиноподобных веществ в листьях и корнях растений сои, инокулированных активным штаммом 648 наглядно выражена в гистограмме на рис. 2.

Результаты проведенной работы позволяют сделать вывод о том, что инокуляция бобовых растений сои клубеньковыми бактериями уси-

Таблица 4

Рост колеоптилей пшеницы на элюатах зон хроматограмм из экстрактов растений сои инокулированных активным и неактивным штаммами клубеньковых бактерий

Rf	Листья					
	Контрольных растений		Инокулированных шт. 640		Инокулированных шт. 648	
зоны	$X \pm Sx$	t	$X \pm Sx$	t	$X \pm Sx$	t
		Контроль	(хром. бумага)	6.2±0.36		
0.10	7.4±0.26	2.7	7.3±0.22	2.6	7.8±0.29	3.1
0.22	7.0±0.18	2.0	7.5±0.11	3.5	8.2±0.23	4.7
0.48	6.7±0.17	1.2	8.0±0.20	5.0	6.9±0.18	1.7
0.94	6.3±0.60	2.5	7.7±0.30	3.2	8.0±0.26	4.0
			КОРНИ			
0.10	7.0±0.24	1.8	6.5±0.17	0.7	9.1±0.26	6.8
0.22	8.2±0.24	4.6	6.9±0.21	1.7	7.8±0.18	3.5
0.37	7.4±0.29	2.7	7.1±0.21	2.1	6.6±0.22	0.9
0.50	7.1±0.22	2.1	7.5±0.16	3.3	8.1±0.26	4.3
0.68	7.4±0.21	2.9	7.1±0.28	2.0	6.8±0.16	1.5
0.85	7.7±0.30	3.2	7.1±0.26	2.0	6.5±0.22	0.6

X — средняя длина колеоптилей пшеницы в мм; Sx — квадратичное отклонение от среднего; t — степень достоверности.

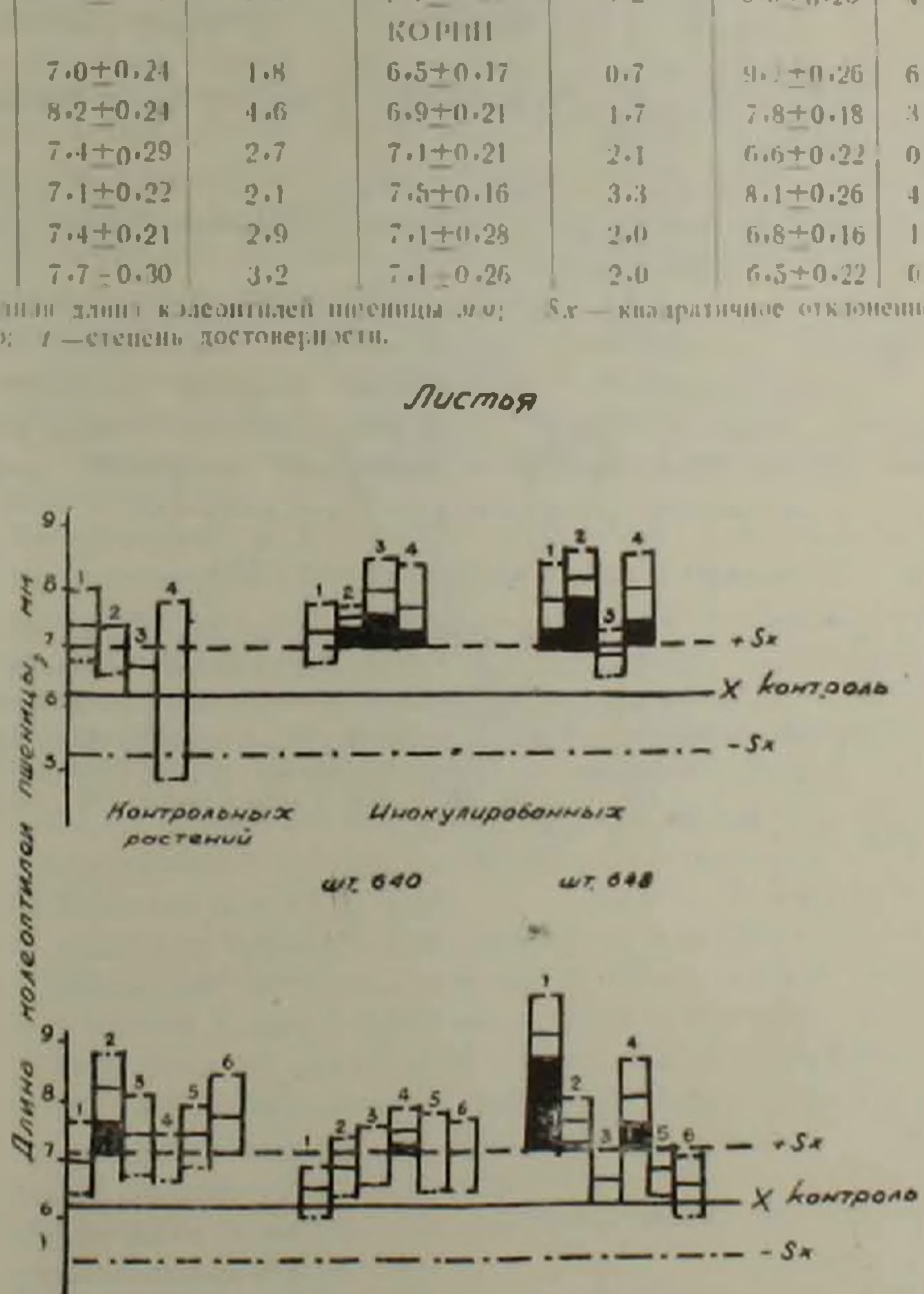


Рис 2

ливает рост растений, содействует стимуляции синтеза гиббереллиноподобных и ауксиноподобных веществ. При этом содержание гиббереллиноподобных и ауксиноподобных веществ в растениях сои при активном симбиозе намного выше по сравнению с неактивным симбиозом.

Институт микробиологии
Академии наук Армянской ССР

Ն. Լ. ՔԱԼԱՋՅԱՆ, ակադեմիկոս Մ. Խ. ՉԱՅԼԱԽՅԱՆ

Ֆիզիոլոգիապես ակտիվ նյութերի առաջացումը սոյայի բույսերում, ակտիվ և ոչ ակտիվ համակեցության դեպքում

Ներկա աշխատանքի նպատակն է եղել բացահայտել ֆիզիոլոգիապես ակտիվ նյութերի սինթեզման բնույթը սոյայի բույսերի մեջ, երբ նրանք վարակված են պալարաբակտերիաների ակտիվ և ոչ ակտիվ շտամներով։

Սոյայի բույսերն աճեցվել են վեգետացիոն փորձի պայմաններում և վարակվել են սոյայի պալարաբակտերիաների ոչ ակտիվ՝ նո. 640 և ակտիվ՝ նո. 648 շտամներով։

Ստուգիչ և վարակված բույսերի տերևներն ու արմատներն ենթարկվել են խրոմատոգրաֆիական մշակման։ Խրոմատոգրաֆիական թղթերի էլյուատների վրա դրվել են կենսանմուշներ։

Պարզվել է, որ ստուգիչ և պալարաբակտերիաներով վարակված բույսերի տերևներն ու արմատները պարունակում են նույնատիպ նյութեր։ Սակայն գիբերելինանման և աուքսինանման նյութերի ֆիզիոլոգիական ակտիվության աստիճանը բարձր է վարակված բույսերում ստուգիչ բույսերի համեմատությամբ։ Ֆիզիոլոգիական ակտիվության աստիճանն զգալիորեն բարձր է բույսերի ակտիվ շտամներով վարակման դեպքում։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. Х. Чайлахян, Н. Л. Калачян*, Биол. журн. Армении, т. 23, №4 (1970). [2] *H. K. Chen*, Nature, 142, 753—754, 1939. [3] *C. E. Georgi* and *A. E. Beguin*, Nature, 143, 25, 1939. [4] *Д. Н. Гаркашвили*, Автореферат кандидатской диссертации, Тбилиси, 1972. [5] *В. Н. Ложникова, Л. П. Хлопенкова, М. Х. Чайлахян*, Агрохимия, №10, 1967. [6] *В. Н. Кефели, Р. Х. Турецкая*. Методы определения регуляторов роста и гербицидов, М., 1966. [7] *Г. С. Муромцев*, Гиббереллины, М., 1952. [8] *А. Н. Бояркин*, ДАН СССР, т. 57, №2 (1947).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 619 : 615.739 : 616.981.42

БИОХИМИЯ

С. Ш. Саканян, Ф. Б. Аламян,
М. М. Павленко-Колесникова

Влияние наганина на динамику образования антиингибиторов антителогенеза против бруцеллеза

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. К. Карапетяном 10.VI.1975)

Нашими исследованиями было показано, что ингибирующее антителогенез свойство бруцеллезной иммунной сыворотки обусловлено не содержанием в ней антител, как это допускают некоторые авторы ([1-3]), а выработкой по ходу иммунизации ингибиторов антителогенеза (ИА), которые лимитируют биосинтез антител и оберегают организм от жизненно опасного истощения белковых запасов ([4]).

Учитывая факт накопления ИА в крови, было высказано допущение о возможности выработки антиингибиторов антителогенеза (АИА) при последовательном введении иммунных сывороток от одних животных другим. Реальность этого допущения нами была доказана в эксперименте на кроликах ([5]).

Далее ставилась задача изучить влияние различных факторов, в частности, фармакологических препаратов на образование АИА. В настоящем сообщении приведены результаты исследования влияния наганина на АИА. При этом мы учли, что наганин (0,5—5 *мг/кг*) обладает свойством подавлять выработку ИА и стимулировать поствакцинальный антителогенез ([6,7]). В качестве ИА применяли иммунные сыворотки. В опыт брали 50 голов интактных кроликов весом 2,3—2,5 *кг*, разделенных на 10 равноценных групп. Кролики первых 5 групп служили контролем на выработку АИА, а на кроликах остальных 5 групп было испытано действие наганина на тот же показатель. Кролики I группы получили подкожно бруцеллезную вакцину из штамма 19 в дозе 2,5 млрд микробных тел (контроль на вакцину). Спустя 30 дней сыворотка кроликов I группы в дозе 1 *мг/кг* внутривенно и вакцину в указанной дозе подкожно вводили кроликам II группы. Затем, соблюдая тот же интервал (30 дней) после каждой вакцинации, сыворотку кроликов II группы и вакцину вводили кроликам III группы, сыворотку кроликов III группы и вакцину—кроликам IV группы, а сыворотку последних и вакцину—кроликам V группы. Эти сыворотки назывались контрольными иммунными сыворотками (КИС).

Кроликам VI группы вводили вакцину и в ушную вену наганин в антителогенезстимулирующей дозе (5,0 *мг/кг* веса). Спустя 30 дней,

сыворотка кроликов VI группы и вакцину вводили кроликам VII группы. Далее, соблюдая тот же интервал (30 дней), сыворотку от кроликов VII группы и вакцину вводили кроликам VIII группы, сыворотку кроликов VIII группы и вакцину—кроликам IX группы, а сыворотку от последних и вакцину—кроликам X группы. Эти сыворотки были опытными иммунными сыворотками (ОИС).

Титр агглютининов определяли методом последовательного разведения. Снижение титра под влиянием иммунных сывороток рассматривали как признак действия НА, а повышение его как признак действия АНА. По данным таблицы, ОИС кроликов I группы в первой декаде вакцинации резко подавляет агглютиногенез у кроликов II группы, а ОИС последних—у кроликов III группы. Но в этот же период вакцинации ОИС кроликов III группы не угнетает антителогенез у кроликов IV группы, а ОИС последних—у кроликов V группы. Иначе говоря, ОИС кроликов последних двух групп проявляют признаки действия АНА. Однако во второй декаде иммунизации ОИС кроликов не только I и II, но и III и IV групп вызывают торможение выработки агглютининов, а в третьей декаде—выпадает это действие за исключением ОИС кроликов II группы, антителогенезугнетающее действие которой проявляется и в третьей декаде у кроликов III группы.

Динамика выработки агглютининов при последовательном введении иммунных сывороток параллельно с вакциной.

$p < 0,05$

Серии опытов		Группы кроликов	Дни определения титра агглютининов					
			10-й		20-й		30-й	
			$M \pm m$	p	$M \pm m$	p	$M \pm m$	p
Контроль на вакцину		I	1:457±1:2730		1:1422±1:4400		1:177±1:1531	
Вакцина+иммунная сыворотка от кроликов	I группы	II	1:42±1:106	<	1:121±1:324	<	1:233±1:484	>
	II группы	III	1:114±1:647	<	1:73±1:321	<	1:30±1:132	<
	III группы	IV	1:291±1:873	>	1:355±1:3282	<	1:123±1:524	>
	IV группы	V	1:427±1:2310	>	1:183±1:1282	<	1:128±1:634	>
Вакцина+наганин		VI	1:985±1:4536	<	1:1829±1:1963	<	1:213±1:977	>
Вакцина+иммунная сыворотка от кроликов	VI группы	VII	1:914±1:1996	<	1:533±1:3384	<	1:366±1:2664	>
	VII группы	VIII	1:213±1:456	>	1:133±1:464	<	1:44±1:394	<
	VIII группы	IX	1:533±1:3384	>	1:457±1:3384	<	1:78±1:28	>
	IX группы	X	1:366±1:866	>	1:213±1:1118	<	1:183±1:1282	>

Иная картина наблюдается в опытах с применением наганина. Действительно, по другим данным той же таблицы видно, что наганин сам по себе достоверно стимулирует поствакцинальный антителогенез у кроликов-доноров VI группы. Но что любопытно, ОИС этих кроликов

в отличие от КИС кроликов I группы, получивших только вакцину, в первой декаде иммунизации не угнетает, а стимулирует у кроликов VII группы биосинтез агглютининов. С другой стороны, ОИС кроликов VII, VIII, IX групп в этот же период иммунизации существенно не влияет на интенсивность выработки агглютининов. Во второй же декаде иммунизации действие ОИС кроликов всех групп, наподобие КИС, угнетают выработку агглютининов, а в третьей декаде они вновь лишаются этого свойства, за исключением иммунных сывороток, полученных после второго переливания от контрольных кроликов III и опытных кроликов VIII группы.

Итак, в контрольных опытах иммунные сыворотки антиингибирующие антителогенез свойство приобретают позже (начиная с третьего переливания), чем в опытах с применением наганина (с первого же переливания). Иначе говоря, наганин ускоряет процесс образования АИА. Тот факт, что сыворотка кроликов VI группы, получивших наганин, обладает не тормозящей, а стимулирующей активностью, можно объяснить также возможностью продолжительного нахождения в крови этих кроликов наганина, обладающего иммуностимулирующим свойством (7).

По нашим данным АИА в организме кроликов реципиентов оказываются менее устойчивыми, ибо эффект действия отмечается лишь в первой декаде иммунизации, а ИА более устойчивыми, так как они, хотя в первой декаде иммунизации не действуют, будучи заблокированными АИА, начинают действовать во второй декаде, т. е. в то время, когда прекращается действие АИА. ИА, как правило, инактивируется уже в третьей декаде иммунизации, т. е. гораздо позже, чем АИА.

Наконец, из данных следует, что организм кроликов на последовательное введение вакцины и иммунных сывороток, наряду с биосинтезом специфических антител, реагирует выработкой ИА и АИА. Причем биосинтез антител и образование ИА отражает реакцию организма на введение вакцины, а выработка АИА—на действие иммунных сывороток. Отсюда следует, что ИА обладают антигенным свойством. Между образованием ИА или АИА, с одной стороны, и титром агглютининов, с другой, не отмечается корреляционной связи.

На основании представленных данных можно заключить, что последовательное применение (параллельно с вакциной) иммунных сывороток от одних кроликов другим влечет за собой образование и накопление в крови кроликов—реципиентов антиингибиторов антителогенеза, предотвращающих тормозящее влияние ингибиторов иммунных сывороток на биосинтез агглютининов в течение первой декады иммунизации. Отсюда следует, что ингибиторы антителогенеза обладают антигенным свойством. Наганин ускоряет выработку антиингибиторов антителогенеза.

Ереванский зооветеринарный институт

Ս. Շ. ՍԱՓԱՆՅԱՆ, Ֆ. Ր. ԱԴԱՄՅԱՆ, Մ. Մ. ՊԱՎԼԵՆԿՈ-ԿՈԼԵՍՆԻԿՈՎԱ

Նատրիումի ազոտատը բրոցիլոզի դեմ հակամարմինագոյացման հակաինհիբիտորների առաջացման վրա

Նախորդ փորձերում պարզվեց, որ բրուցելյոզային իմուն շիճուկի հակամարմինագոյացման բնկճող հատկությունը պայմանավորված է ոչ թե նրա հակամարմինների ակտիվությամբ, ինչպես կարծում են ոմանք, այլ իմունացման պրոցեսում գոյացող և իմուն շիճուկի մեջ կուտակվող ինհիբիտորների ազդեցությամբ։ Պարզվել է նաև, որ այդ ինհիբիտորները օժտված են անտիգենային հատկությամբ։ Դա հետևում է այն փաստից, որ ինհիբիտոր պարունակող բրուցելյոզային իմուն շիճուկը ակտիվության հետ ձագարների հակաինհիբիտորների արտադրումը, որի շնորհիվ նապաներ (5,0 մգ/կգ) ստացված ճագարների հակաբրուցելյոզային իմուն շիճուկը ոչ միայն չի բնկճում, այլև խթանում է հումորալային ոգլուտինինացոյացումը։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. Е. Гурвич*, В сб.: Всесоюзная научно-техническая конференция по применению радиоактивных изотопов в народном хозяйстве и науке. М., 1958. [2] *А. Е. Гурвич и Г. А. Дризлих*, ДАН СССР, 155, 2, с. 482 (1964). [3] *В. И. Левинсон и Е. В. Чернохвостова*, ЖМЭИ, 30 (1967). [4] *С. Ш. Сапанян*, «Биологический журнал Армении», т. 21, № 10 (1971). [5] *С. Ш. Сапанян*, ДАН АрмССР, т. LX, № 2 (1975). [6] *С. Ш. Сапанян, Ф. В. Лобзин, М. М. Павленко-Колесникова*, «Биологический журнал Армении», т. 28, № 5, с. 109 (1976). [7] *С. Ш. Сапанян, М. М. Павленко-Колесникова*, Научные труды Ставропольского СХИ, в. 37, т. 5, с. 127 (1974).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 581.192.7

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Академик АН Армянской ССР В. О. Казарян,
Г. М. Мовсесян

О влиянии длины дня на активность ауксинов и ингибиторов в корнях подсолнечника

(Представлено 24/III 1975)

Корневая система, благодаря обменной реакции, синтезирует разнообразные метаболиты ([1–3] и др.), в том числе и регуляторы роста ([4, 5] и др.). Исходя из того, что метаболическая активность корней в существенной степени определяется световым режимом ([4] и др.), мы вправе допустить наличие определенной зависимости между условиями фотопериодического воздействия и активностью ауксинов и ингибиторов в корнях. Для экспериментального подтверждения нами были поставлены некоторые опыты с подсолнечником (Helianthus annuus L.) сорта Гигант 549.

Подбирая для опыта нейтральные к длине дня растения учитывали, что типично коротко- или длинодневные растения четко реагируют на фотопериодический режим формированием генеративных органов, в связи с чем изменяется и ход процессов жизнедеятельности растений. Нейтральные к длине дня растения в отношении перехода к генеративному развитию меньше зависимы от фотопериодического режима, поэтому более подходящи для подобных опытов.

Растения выращивались в вазонах с садовой почвой в условиях оранжереи. Почва приготавливалась смешиванием местной почвы, речного промытого песка и прелого навоза в соотношении 3 : 1 : 1. Фотопериодическую индукцию растения получали в начале вегетативного роста после появления всходов. Длинный день (17 час.) создавался с помощью дополнительного освещения четырьмя лампами накаливания по 100 *вт*, обеспечивающих освещенность 8000 люкс на уровне листовой поверхности. Короткий день (8 час.), создавался переносом растений из естественного длинного дня в специальные светонепроницаемые камеры. При этом растения по группам получали 5 и 15 коротких и длинных дней в фазе вегетации, бутонизации, цветения и созревания семян. Фиксация корней производилась горячим паром в течение 15—20 *мин*, которые затем высушивались в термостате при температуре 55—60°С. Определение свободных ауксинов и ингибиторов проводилось по методу Кефели и Турецкой ([6]). В качестве щелочного растворителя применяли

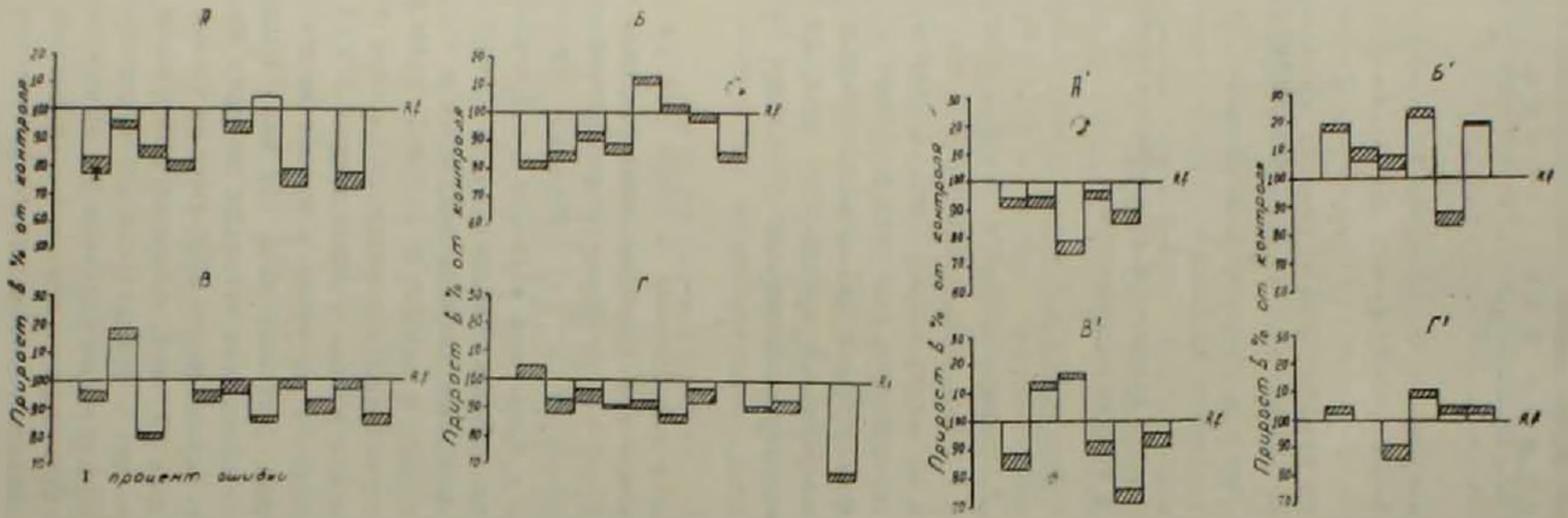


Рис. 1. Гистограмма активности ауксинов и ингибиторов в корнях растущих растений, получивших 5 коротких (*А*) и 5 длинных (*Б*), 15 коротких (*В*) и 15 длинных (*Г*) дней. *А, Б, В, Г* — среда щелочная; *А', Б', В', Г'* — среда кислая.

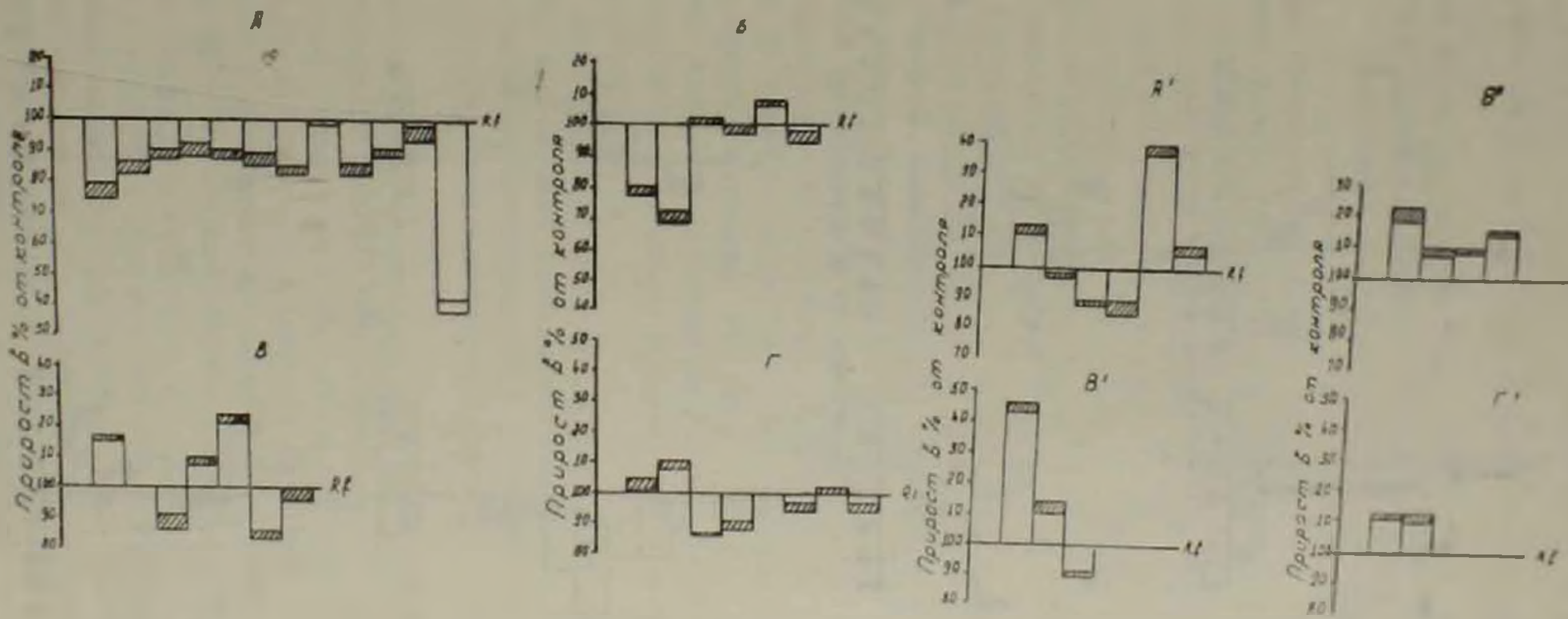


Рис. 2. Гистограмма активности ауксинов и ингибиторов в корнях бутонизирующих растений, получивших 5 коротких (*А*) и 5 длинных (*Б*), 15 коротких (*В*) и 15 длинных (*Г*) дней. *А, Б, В, Г*—среда щелочная, *А', В', В', Г'*—среда кислая

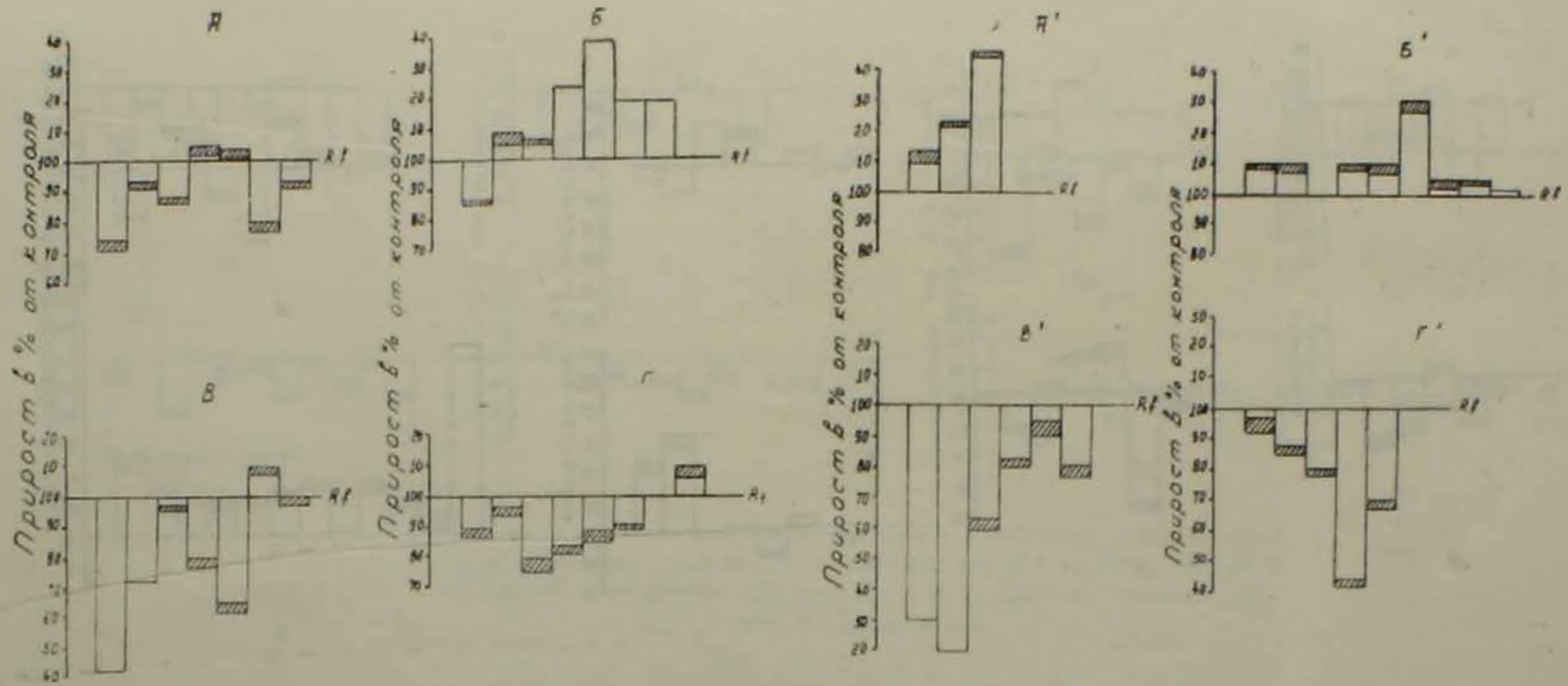


Рис. 3. Гистограмма активности ауксинов и ингибиторов в корнях цветущих растений, получивших 5 коротких (*А*) и 5 длинных (*Б*), 15 коротких (*В*) и 15 длинных (*Г*) дней. *А*, *Б*, *В*, *Г*—среда щелочная; *А'*, *Б'*, *В'*, *Г'*—среда кислая

изопропанол-аммиак-вода (10 : 1 . 1), а кислого—н бутанол-уксусная кислота-вода (40 : 12 : 28). Тест-объектом служила пшеница сорта Безостая I.

Полученные цифровые данные подверглись статистической обработке (8).

Анализы экспериментальных данных по содержанию физиологически активных веществ в корнях подсолнечника в фазе вегетации показывают, что в условиях 5 коротких дней и в щелочной и кислотной среде (рис. 1, *А,А'*), активное действие в отношении прироста проростков пшеницы проявляют ингибиторы, обнаруженные в 1, 3, 4, 8 и 10 зонах (щелочная среда) и в зоне 3 (кислая среда). Как содержание, так и активность ингибиторов уменьшается у растений варианта 5 длинных дней в кислой среде (рис. 1,*Б'*). Отсюда следует, что под воздействием 5 коротких дней увеличивается количество и активность ингибиторов в корнях, а в условиях 5 длинных дней их действие ослабляется. О влиянии короткого дня на содержание ингибиторов в растениях мы располагаем данными других авторов (9, 10).

Корни растений, получивших 15 коротких дней (рис. 1,*В*) показали аналогичную с вариантом 5 коротких дней ингибирующую активность (рис. 1,*А*). В корнях опытных растений, находящихся в условиях 5 коротких дней, как в щелочной (рис. 1,*А*), так и кислотной (рис 1,*А'*) среде ауксины не обнаружены. Значительное количество ауксинов содержат корни растений, получивших 5 длинных дней (рис. 1,*Б*). При воздействии 15 коротких дней (рис. 1,*В*), содержание и активность ауксинов остаются заметными. Это обстоятельство дает основание полагать, что 5-дневное фотопериодическое воздействие вызывает существенные сдвиги в обменных реакциях, в том числе и в процессах синтеза регуляторов роста.

В фазе бутонизации, в условиях длинного дня, содержание ауксинов в корнях, как правило, увеличивается (рис. 2). При этом более наглядные изменения обнаруживаются в варианте 5 коротких дней (рис. 2,*В*). Подобное состояние характерно и для фазы вегетативного роста.

Более значительные изменения в содержании ауксинов и ингибиторов присущи корням растений, находящихся в фазе цветения (рис. 3). Корни растений, получившие 5 коротких дней (рис. 3*А*), проявляют ингибирующую активность, а в варианте 15 коротких дней (рис. 3,*В*) уже появляются высокоактивные ингибиторы. Относительно ауксинов установлено, что у корней, получивших 5 длинных дней (рис. 3,*Б*, 3,*Б'*) наблюдается наивысшая активность, а в варианте 15 длинных дней содержание и активность ауксинов значительно уменьшается (рис. 3,*В*. 3,*Г*). Противоположно этому возрастает содержание и активность ингибиторов (рис. 3,*В*, *Г* и 3,*В'*, *Г'*). Следовательно, как мы видим, в фазе цветения ингибиторная активность доминирует над активностью стимуляторов.

Картина существенно изменяется с наступлением фазы созревания семян (рис 4). В этот период, обнаруженных в корнях ингибиторы

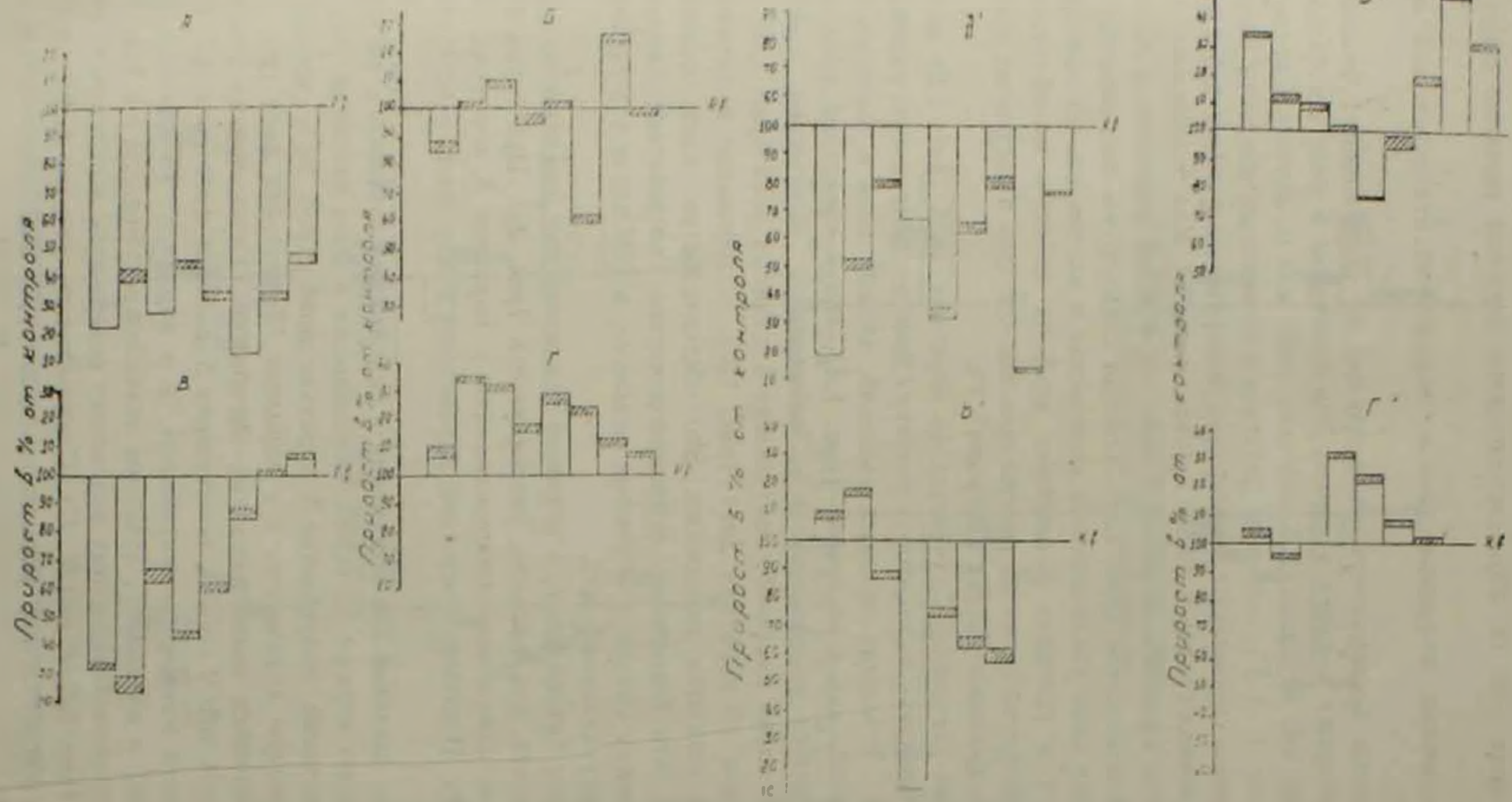


Рис. 4. Гистограмма активности ауксинов и ингибиторов в корнях плодоносящих растений, получивших 5 коротких (*А*) и 5 длинных (*Б*), 15 коротких (*В*) и 15 длинных (*Г*) дней. *А, Б, В, Г*—среда щелочная; *А', Б', В', Г'*—среда кислая

обладают наивысшей активностью и встречаются в большом количестве. Это, видимо, связано с возрастом растений, когда ослабляется рост

Корни растений, получившие на данной фазе 5 коротких дней (рис. 4,*A*, 4,*A'*), обладают лишь ингибиторной активностью. Аналогичное поведение проявляют и корни растений, получивших 15 коротких дней (рис. 4,*B*, 4,*B'*), лишь с той разницей, что в кислой среде обнаруживаются 2 стимулятора (рис. 4,*B*). В условиях 15 длинных дней обнаруживаются лишь ауксины.

Снижение содержания ауксинов в корнях в фазах цветения и бутонизации возможно следует объяснить усиление оттока их из корней в наземные органы в связи с энергичным образованием цветов и семян

На основе полученных экспериментальных данных можно констатировать: во-первых, что под действием 5 коротких дней, когда растение находится еще в фазе вегетации, корни синтезируют регуляторы роста ингибирующей природы, видимо, терпеноидного характера. Дальнейшее воздействие короткодневных фотопериодов, хотя и приводит к бутонизации растений, тем не менее продолжает усиливаться синтез ингибиторов в корнях, тогда как длиннодневные фотопериоды способствуют образованию ауксинов. Этим, видимо, следует объяснить и разницу в вегетативной мощности корней растений, находящихся в условиях различных фотопериодов.

У цветущих же растений при коротком дне в корнях обнаружены высокоактивные ингибиторы, содержание которых выше чем в корнях растений, находящихся на предыдущих фазах развития. Количество и активность ингибиторов в корнях растений, получивших 5 длинных дней, более высокие, в то время как при 15 длинных днях уже начинается уменьшение их содержания.

В фазе созревания семян в корнях растений всех вариантов увеличивается количество и активность ингибиторов, тогда как содержание ауксинов существенно уменьшается.

Ботанический институт Академии наук Армянской ССР

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

Արևածաղկի աբսցիզինների և ինհիբիտորների ակտիվության վրա օրվա երկարության ազդեցության մասին

Ֆոտոպերիոդիկ ռեժիմն ազդում է ոչ միայն տերևների, այլև արմատային սիստեմի նյութափոխանակության վրա։ Մյուս կողմից էլ հայտնի է, որ արմատներն ընդունակ են սինթեզելու ֆիտոհորմոնական ակտիվ նյութեր։ Հետևաբար հիմք կա նզրահայացնելու, որ արմատային սիստեմի կողմից սինթեզվող ակտիվ նյութերի որակական կազմը պայմանավորված է տերևների կողմից ընդունվող ֆոտոպերիոդիկ ռեժիմով։ Այս նպատակով արևածաղկի վրա կատարված փորձերը հաստատել են, որ 5 կարճ օր ստաջող

բույսերի արմատներում զգալի չափով ակտիվանում են ինհիբիտորների ևյս տենդենցիան ավելի է ուժեղանում սերմերի հասունացման փուլում, որը, որպես կանոն, զուգակցվում է վեգետատիվ աճի թուլացմամբ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Т. Л. Кирпичов*, «Известия АН СССР», серия биол., № 6 (1957). [2] *Н. Г. Потапов, О. Н. Соловьева* и *Н. И. Иванченко*, Труды комиссии по ирригации АН СССР, вып. 8, 1936. [3] *Д. А. Сабинин*, Тимирязевское чтение, IX, 1949. [4] *О. Н. Кулаева*, Сб. Роль минеральных элементов в обмене веществ и продукт. растений, «Наука» 1964. [5] *H. Kende*, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 53, 1965. [6] *В. О. Казарян, Э. С. Авунджян*, ДАН Арм. ССР, т. 20, №1 (1955). [7] *А. Т. Мокроносов, А. Т. Иванова* и *В. В. Зольникова*, „Физиология растений", 6, №2 (1959). [8] *В. И. Кефели, Р. Х. Турецкая*, Методы определения регуляторов роста и гербицидов, изд. "Наука", М., 1966. [9] *Y. Erashi, T. Eguchi, M. Nagelo*, Plant and Cello 5, 1964. [10] *J. C. Yuie, D. A. Emery R. J. Downs* "Crop. Sci.", 13, №5 (1973).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 615.221 : 547.434.2.015.42 : 612.173.1.015.11

ФАРМАКОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР С. А. Мирзоян,
Э. Е. Мхеян, Э. С. Секоян, О. П. Сошкий

О механизмах действия ганглиозидов на мозговое кровообращение

(Представлено 20/VI 1975)

Развивая представления об участии биологически активных компонентов мозга в механизмах приспособления и особенно компенсации при нарушениях мозговой гемодинамики, мы исходили из тех предпосылок, что интрацеребральная сосудистая сеть, которая находится в непосредственном соприкосновении с нервной тканью, может подвергаться местно прямому воздействию многочисленных специфических вазомоторных субстратов мозга, принимающих участие в его обмене и функциональной деятельности ([1–5]).

При этом, большая скорость биохимических процессов, лежащих в основе деятельности головного мозга, способствует интенсивному обмену мозговой ткани, выделению продуктов метаболизма, а также выбросу нейроактивных и вазоактивных составных частей мозга, которые в целом обеспечивают постоянный пониженный тонус сосудов мозга, или т. н. тоническую вазодилятацию ([6]).

Однако имеется полное основание допускать, что мозговая ткань располагает также запасами специфических субстратов, которые могли бы при соответствующих условиях обнаруживать диаметрально противоположный эффект—вазоконстрикцию.

В указанном аспекте обращают на себя внимание ганглиозиды—наиболее специфические липиды нейрональных мембран. Являясь сложными полимерными соединениями, обладающими полярными и неполярными группами, они способны вступать в мембранных структурах в гидрофильные и гидрофобные связи, образуя мицеллярную и ламеллярную структуры ([7]).

Исследованиями последних лет накапливается все больше фактов, свидетельствующих о том, что ганглиозиды наряду с пластической функцией принимают участие в генерировании и проведении нервных импульсов в центральных синаптических образованиях, транспорте ацетилхолина в пресинаптических образованиях; одновременно показана их роль в структурной организации рецепторов серотонина ([8–13]).

В 1971 г. нам впервые удалось показать, что ганглиозиды обнаруживают способность повышать сопротивление мозговых сосудов к току

крови, снижать объемную скорость локального мозгового кровотока, pO_2 в различных структурах мозга и уменьшать внутричерепное кровенаполнение ([14]).

Предметом настоящего сообщения являются результаты опытов по изучению механизмов действия ганглиозидов на мозговое кровообращение.

Эксперименты проведены на 112 кошках анестезированных внутрибрюшинным введением уретана. Ганглиозиды выделяли из серого вещества головного мозга людей (погибших от несчастных случаев) и из мозга быка ([15]). Полученный препарат очищали двухкратной перекристаллизацией в 96% этаноле. О чистоте ганглиозидов судили по результатам тонкослойной хроматографии на силикагеле ([16]) и наличию фосфора. Измерение сопротивления мозговых сосудов к току крови осуществляли методом резистографии ([17]). Объемная скорость локального мозгового кровотока в различных областях коры определялась с помощью микротермистров подсоединенных к мостовой схеме ([18]). Изучение показателей кислотно-щелочного равновесия артериальной крови проводили методом Аструпа при помощи pH-метра фирмы „Radiometr".

Располагая данными относительно способности ганглиозидов оказывать выраженное вазоконстрикторное действие на мозговые сосуды, мы задались целью изучить в обнаруженных эффектах возможное участие тех регулирующих факторов, которые обеспечивают гомеостатическое равновесие между деятельностью мозга и его кровоснабжением.

Таблица 1

Изменение некоторых показателей кислотно-щелочного равновесия притекающей к мозгу артериальной крови при внутривенном введении ганглиозидов (5 мг/кг), выделенных из головного мозга человека

	Исходный фон	2 *мин*	10 *мин*
pH	7,27±0,01	7,18±0,01*	7,23±0,01**
pCO_2	42,07±0,46	49,92±0,58*	46,14±0,67***
pO_2	88,4±3,19	70,2±2,09***	79,8±2,74
O_2—н	95,26±0,46	89,5±1,17***	92,6±0,69***
НИО	−7,16±0,55	−9,7±0,71**	−8,02±0,59
ИО—п	−6,22±0,5	−7,48±0,63	−6,36±0,57
CO_2—т	20,42±0,5	20,04±0,56	20,32±0,84
HCO_3—н	19,11±0,51	18,61±0,5	19,1±0,68
HCO_3—с	18,3±0,5	16,9±0,56	16,74±0,91
БО	39,4±0,68	37,36±0,76	38,55±0,8

*—$P<0,001$ **—$P<0,05$ ***—$P<0,01$ ****—$P<0,002$

ОБОЗНАЧЕНИЯ: ИО—избыток оснований (*мэкв/л*); ИО-п—избыток оснований плазмы; НИО—истинный избыток оснований; HCO_3—истинные бикарбонаты; HCO_3 с—стандартные бикарбонаты (*мэкв/л*); CO_2-т—тотальная углекислота (*мМоль/л*); O_2-н—кислородное насыщение (%); БО—буферные основания (*мэкв/л*)

Согласно существующим представлениям, приспособительные изменения просвета экстра- и интрацеребральных сосудов реализуются комплексом метаболических, миогенных и нейрогенных факторов, при этом в сосудах мелкого калибра локальная ауторегуляция кровотока осуществляется продуктами клеточного метаболизма и, в частности, изменениями напряжения CO_2 и концентрации H^+.

В связи с этим, в первой серии опытов изучалось влияние ганглиозидов на объемную скорость локального мозгового кровотока в коре больших полушарий, с одновременным определением ряда показателей кислотно-щелочного равновесия притекающей к мозгу артериальной крови.

При внутривенном введении ганглиозидов (табл. 1) в дозе 5 *мг/кг*, через 2 *мин* после инъекции, одновременно с уменьшением скорости кровотока, в артериальной крови отмечается снижение pH, увеличение pCO_2, снижение pO_2, уменьшение кислородного насыщения и значительное увеличение дефицита оснований. Показатели метаболического компонента кислотно-щелочного равновесия при этом изменяются незначительно. Снижение pH в основном коррелирует со сдвигами респираторного компонента кислотно-щелочного равновесия крови. Увеличение избытка оснований также обусловлено изменениями дыхательного компонента, поскольку избыток оснований не является только метаболическим показателем (табл. 1).

Следовательно, введение ганглиозидов сопровождается снижением pH и увеличением pCO_2, с одновременным снижением pO_2 артериальной крови, т. е. изменениями, которые, как известно, влекут за собой усиление кровоснабжения мозга, между тем как в наших опытах под действием ганглиозидов отмечается увеличение сопротивления мозговых сосудов и уменьшение объемной скорости локального мозгового кровотока. В итоге обнаружить корреляцию между эффектами ганглиозидов на церебральную гемодинамику и сдвигами со стороны кислотно-щелочного равновесия артериальной крови не представляется возможным (рис. 1).

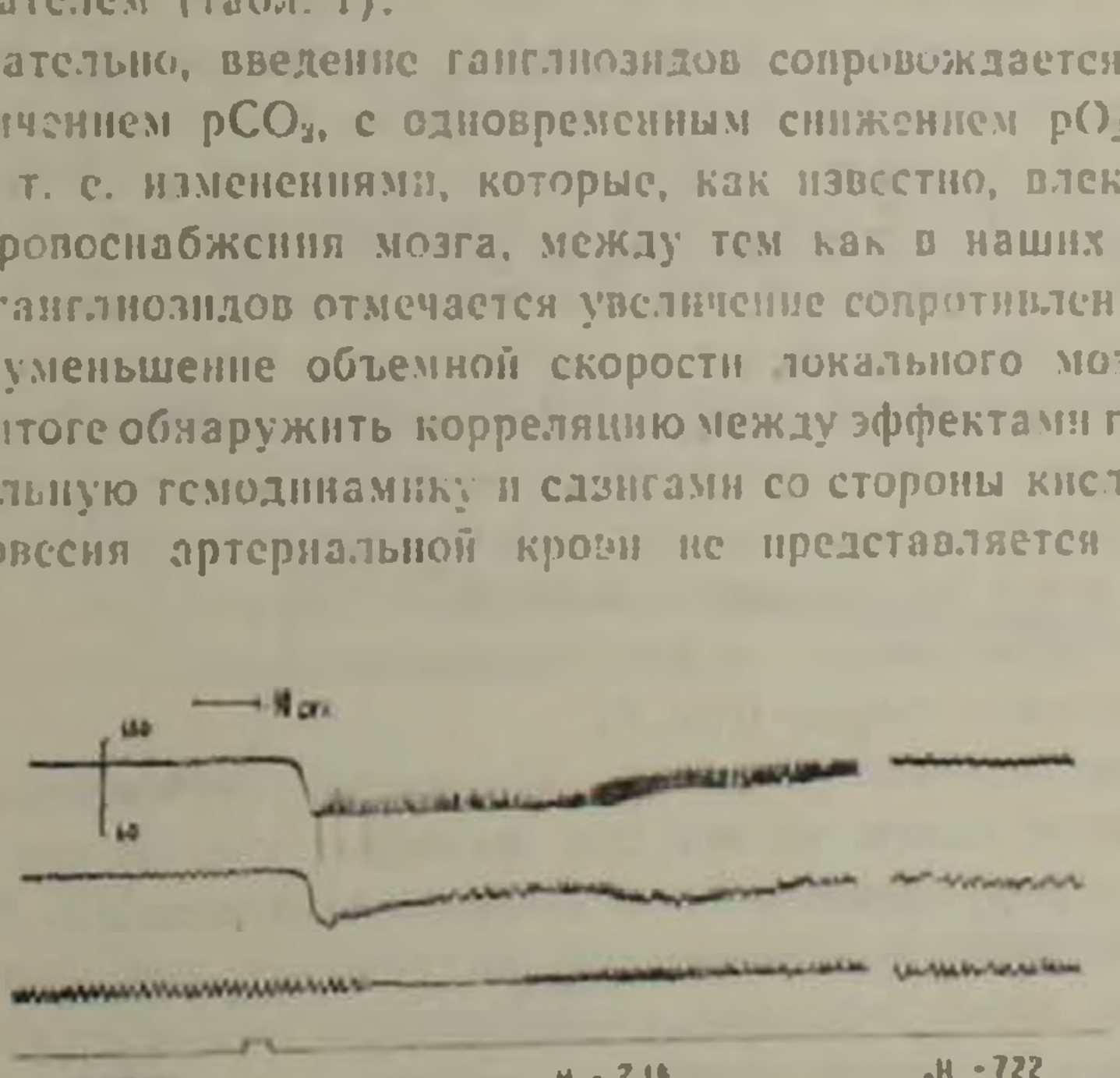


Рис. 1. Влияние внутривенного введения ганглиозидов на мозговой кровоток и некоторые показатели кислотно-щелочного равновесия притекающей к мозгу артериальной крови.

Сверху вниз: системное артериальное давление, объемная скорость локального мозгового кровотока в теменной области коры больших полушарий, дыхание, отметка введения препарата

Полученные данные заставили направить наши исследования по пути изучения других возможных механизмов, лежащих в основе действия ганглиозидов на мозговое кровообращение. В современной физиологии твердо заняло свое место понятие о саморегуляции мозгового кровообращения, под которым подразумевается способность мозга поддерживать постоянный оптимальный уровень кровоснабжения независимо от колебаний системного артериального давления. Установлено, что в условиях умеренных сдвигов артериального давления приспособительные механизмы обеспечивают изменения просвета сосудов мозга. Так, при сравнительно небольшом падении артериального давления гемоциркуляция в мозгу продолжает оставаться на постоянном уровне, поскольку при этом происходит уменьшение сопротивления сосудистой системы мозга. И наоборот, при гипертензии кровоснабжение мозга не усиливается, так как гладкая мускулатура стенок мозговых сосудов реагирует на повышение внутрисосудистого давления сокращением.

Следовательно, при анализе механизмов действия ганглиозидов на мозговое кровообращение необходимо было установить, является ли церебральная вазоконстрикция результатом непосредственного действия ганглиозидов на мозговые сосуды, или обнаруживаемые эффекты реализуются за счет общих гемодинамических сдвигов.

При внутрикаротидном введении ганглиозидов в дозе 200—500 *мкг/кг* в первую очередь наблюдается реакция со стороны мозговых сосудов и лишь спустя 10—15 *сек* со стороны артериального давления. Далее, в дозе 100 *мкг/кг* ганглиозиды повышают сопротивление церебральных сосудов без существенных сдвигов со стороны артериального давления. Наконец обращает на себя внимание тот факт, что церебральная вазоконстрикция при введении сравнительно больших доз ганглиозидов обнаруживается в условиях не повышения, а наоборот снижения артериального давления. Таким образом, на основании полученных данных, можно заключить, что повышение сопротивления мозговых сосудов не является следствием ауторегуляторных изменений их просвета в ответ на изменения системного артериального давления, а реализуется, по-видимому, за счет непосредственного действия ганглиозидов на мозговые сосуды (рис. 2).

Имеются основания полагать, что именно констрикция сосудов мозга является одним из ведущих факторов уменьшения мозгового кровотока, обнаруживаемого при введении ганглиозидов. Одновременно важно подчеркнуть, что значительное снижение артериального давления при этом, может выступать в свою очередь в качестве «дополнительного» фактора, способствующего уменьшению притока крови, в результате чего наблюдается состояние относительной недостаточности мозгового кровообращения, что подтверждается данными $ЭК_оГ$ и полярографического изучения напряжения кислорода в коре.

В отдельных опытах введение ганглиозидов сопровождается падением уровня артериального давления до 60—70 *мм* рт. ст. и ниже, вследствие чего, по-видимому, регуляторные механизмы лишаются способности обеспечивать адекватный приток крови к мозгу, поскольку в этих

случаях наблюдается исключительно выраженное уменьшение объемной скорости локального мозгового кровотока.

В настоящее время следует считать установленным, что феномен ауторегуляции мозгового кровотока имеет место лишь в определенных пределах ограниченных критическими величинами ряда факторов. При развитии ишемий мозга по типу сосудистой мозговой недостаточности таковыми могут являться степень сужения просвета мозговых сосудов и степень снижения уровня системного артериального давления. Сдвиги, обнаруживаемые в наших исследованиях при введении ганглиозидов.

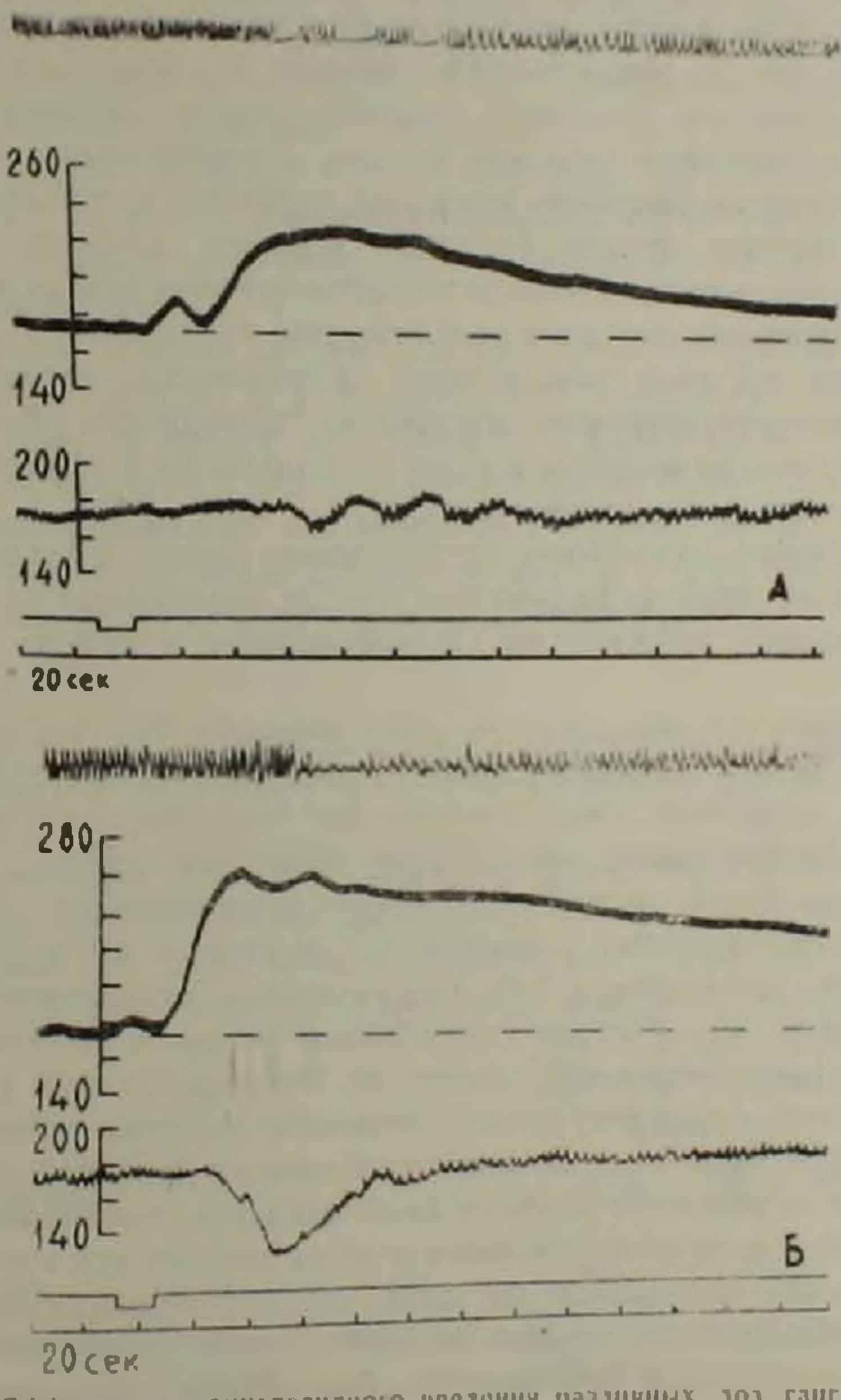


Рис. 2. Эффекты внутрикаротидного введения различных доз ганглиозидов на сопротивление мозговых сосудов к току крови, системное артериальное давление и дыхание.

Сверху вниз: дыхание, реистограмма, системное артериальное давление.

А — внутрикаротидное введение ганглиозидов в дозе 200 мкг/кг

Б — внутрикаротидное введение ганглиозидов в дозе 500 мкг/кг

Само собой разумеется, что располагая подобными данными, свидетельствующими о непосредственном действии ганглиозидов на мозговые сосуды, мы приступили к изучению механизмов вазоконстрикторного эффекта. При этом исходили из тех предпосылок, что регуляция сосудистого тонуса обеспечивается двумя основными компонентами: базальным (в формировании которого значительная роль принадлежит миогенному компоненту) и нейрогенным.

Проведенный в этом направлении экспериментальный анализ показал, что действие ганглиозидов на мозговые сосуды не опосредуется через адренергические звенья нейрогенного контроля. Об этом свидетельствуют следующие полученные нами факты: блокада альфа- и бета адренорецепторов (соответственно дигидроэрготамином и дихлоризопротереналом) существенно не изменяет вазоконстрикторное действие ганглиозидов в отношении мозговых сосудов; эффекты ганглиозидов на сопротивление мозговых сосудов и церебральный кровоток не предупреждаются введением резерпина, тирамина и симпатолитических средств (октадин, ороид); удаление верхнего шейного симпатического ганглия, а также введение тетраэтиламмония йодида не изменяют реакцию мозговых сосудов к ганглиозидам; при многократном внутрикаротидном введении ганглиозидов тахифилаксии, характерной для адреномиметиков непрямого действия не наблюдается; ганглиозиды не изменяют реакции мозговых сосудов по отношению к экзогенному норадреналину, серотонину и вазопрессину.

На основании указанных данных можно придти к заключению, что эффекты ганглиозидов на мозговые сосуды реализуются за счет их непосредственного действия на гладкомышечные элементы сосудистой стенки.

Принимая во внимание то обстоятельство, что мозговые сосуды являются весьма сложным объектом для изучения действия ганглиозидов на сосудистый тонус, а также для исключения возможности их действия опосредованно через нейрогуморальные сдвиги, нами был использован более простой тест-объект—изолированные артерии уха кролика, перфузируемые раствором Кребса насосом постоянного объема системы Watson-Marlow ([19, 20]), при начальном перфузионном давлении 20—30 *мм* рт. ст. Раствор ганглиозидов вводился непосредственно в перфузат (внутрисосудистое введение). Реакция артерий уха кролика тестировалась внутрисосудистым введением раствора норадреналина.

Внутриартериальное введение ганглиозидов в дозе 1—3 *мг* сопровождается повышением перфузионного давления, свидетельствующим о повышении тонуса изолированного отрезка артерии уха кролика. Обращает на себя внимание и тот факт, что при многократном введении ганглиозидов реакции сосудов не подвергаются существенным изменениям (тахифилаксия отсутствует). Полученные результаты подтверждают данные относительно способности ганглиозидов повышать сопротивление сосудов мозга за счет миотропного действия.

Согласно современным представлениям, конечным звеном сложного процесса сопряжения возбуждения с сокращением в мышечной клетке — звеном, непосредственно обеспечивающим сокращение, является транспорт ионов Ca^{++} из саркоплазматического ретикулума в миофибриллы и соединение его там с тропонином, что в свою очередь включает триггерный механизм. Показано, что в период возбуждения Ca^{++} входит внутрь клетки или освобождается из связанных форм, инактивируя фактор расслабления или прямо активируя хемо-механические превращения АТФ-актомиозиновой системы.

Принимая во внимание то обстоятельство, что во внутриклеточном обмене Ca^{++} определенная роль принадлежит митохондриям, исследовалось влияние ганглиозидов на процессы аккумуляции Ca^{++} в митохондриях, выделенных из миокарда белых крыс. Выбор наш был остановлен на митохондриях миокарда из тех соображений, что последние являются наиболее изученным в настоящее время объектом. Выделение митохондрий осуществляли по общепринятому методу. Об аккумуляции Ca^{++} судили по изменению концентрации H^+ в инкубационной среде с помощью стеклянного электрода, связанного с регистрирующим потенциометром E^1-2 ([illegible]).

Полученные данные свидетельствуют, что в присутствии 500 *мкг* ганглиозидов количество H^+ высвобождаемое при первом добавлении 250 мкМ $CaCl_2$ по сравнению с контролем статистически достоверно уменьшается. Так, если в контроле оно составляет 23,65±1,3 мкг H^+ на 3,5—4 мг белка, то в опыте оно равняется 17,64±1,82 мкг H^+. Одновременно отмечается удлинение времени выброса H^+. При второй добавке $CaCl_2$ отмечается аналогичный по направленности сдвиг.

Таблица 2

Влияние ганглиозидов (500 *мкг*) выделенных из головного мозга быка на связывание и высвобождение ионов H^+ в суспензии митохондрий миокарда

	H^+, высвобождаемое при первом добавлении 250 мкМ $CaCl_2$, *мкг* — ионы	Время высвобождения H^+, *сек*	H^+, высвобождаемое при втором добавлении 250 мкМ $CaCl_2$, *мкг* — ионы	Время высвобождения H^+, *сек*	H^+, поглощаемое в результате спонтанного защелачивания, вызванного вторым добавлением 250 мкМ $CaCl_2$, *мкг* — ионы	Время поглощения H^+, *сек*
Контроль	23,65±1,3 (9)	57,88 ±2,63 (9)	6,27±0,8 (9)	28,14 ± 1,43 (9)	33,16±1,21 (9)	113,1 ± 3,55 (9)
Опыт	17,64±1,82 (8) $p<0,05$	80,12 ±2,59 (8)	2,26±0,73 (8) $p<0,001$	39,74 ±1,74 (8) $p<0,001$	17,52±2,63 (8) $p<0,001$	138,25 ±5,32 (8) $p<0,01$

После второго добавления $CaCl_2$, как в контроле, так и в присутствии ганглиозидов, наблюдается явление спонтанного защелачивания, свидетельствующее о выбросе ионов Ca^{++}, поглощенного во время первых двух добавлений. Однако, как показали подсчеты, в контроле количество H^+ поглощаемого в результате обратного транспорта ионов Ca^{++} выше, чем в присутствии ганглиозидов (табл. 2).

Таким образом, ганглиозиды способствуют уменьшению процесса поглощения и выброса Ca^{++} из митохондрий миокарда. Исходя из наших предыдущих исследований, свидетельствующих о способности ганглиозидов влиять на механохимию митохондриальных мембран ([23]), можно допустить, что по-видимому одним из возможных механизмов наблюдаемого эффекта является действие ганглиозидов на митохондриальные мембраны. На основании выявленных количественных различий можно предположить, что ганглиозиды могут увеличивать концентрацию внемитохондриального Ca^{++} вследствие нарушения процессов кальцинации и декальцинации митохондрий, что может иметь определенное значение в эффектах ганглиозидов на процессы мышечного сокращения и расслабления.

Ереванский медицинский институт

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ Ս. Հ. ՄԻՐԶՈՅԱՆ,
Է. Ն. ՄԽԵՅԱՆ, Է. Ս. ՍԵԿՈՅԱՆ, Օ. Գ. ՍՈՅԿԻ

Գանգլիոզիդների ազդեցության մեխանիզմները ուղեղային արյան շրջանառության վրա

Ներկա հաղորդման թեման նվիրված է գանգլիոզիդների ազդեցության ուսումնասիրմանը ուղեղային արյան շրջանառության վրա։ Փորձերը կատարվել են 112 կատուների վրա ներորովայնային ուրետանային ընդհանուր անզգայացմամբ։

Գանգլիոզիդներն անջատվել են մարդկանց (մահացած դժբախտ պատահարներից) և եզների գլխուղեղի գորշ նյութից։ Ստացված գանգլիոզիդների մաքրության աստիճանի մասին գաղափար է կազմվել նուրբ շերտային խրոմատոգրաֆիայով և ֆոսֆորի առկայությամբ։ Ստացված պրեպարատը մաքրվել է կրկնակի վերաբյուրեղացմամբ 90%-ոց էթանոլով։

Ստացված արդյունքները վկայում են, որ գանգլիոզիդների ներգործությունն ուղեղային արյունահոսքի վրա պայմանավորված չէ զարկերակային արյան pH, pCO_2, pO_2 և այլ ֆիզիկա-քիմիական ցուցանիշների փոփոխումներից։

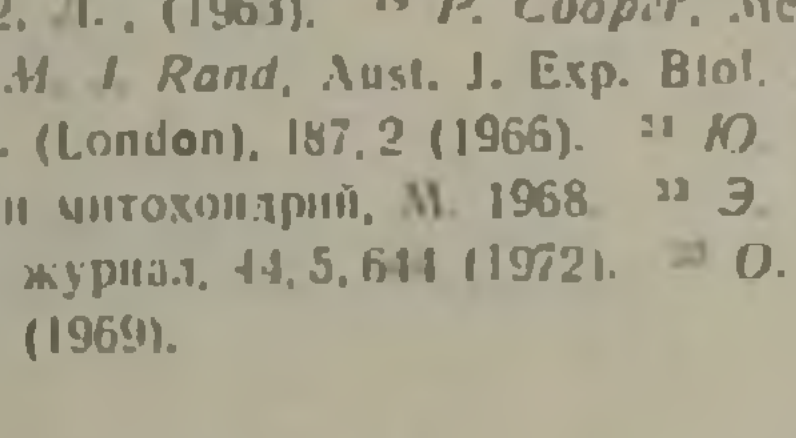
Գանգլիոզիդներից առաջացած ուղեղային զարկերակների լարվածության բարձրացումը կապված չէ ընդհանուր արյան ճնշումից, տատանումներից և ունի ինքնուրույն բնույթ։

Այդ ներգործությանը չեն մասնակցում նաև ադրեներգիկ գոյացությունները, քանի որ գանգլիոզիդների ազդեցությունը շարունակվում է նաև α և β ադրենոռեցեպտորների բլոկումից, ռեզերպինի, թիրամինի սիմպատոլիտիկ նյութերի ներմուծման և վերին պարանոցային սիմպատիկ

հանգույցի հեռացման պայմաններում։ Դանգլիոզիդները չեն փոփոխում ուղեղի անոթների ռեակցիան հանդեպ ներմուծված նորադրենալինը, սերոտոնինը և վազոպրեսինը։

Ընդված տվյալների համաձայն կարելի է նշյակացնել, որ դանգլիոզիդների ներգործությունն ուղեղային անոթների վրա իրագործվում է ի հաշիվ նրանց անմիջական ազդեցության անոթների հարթ մկանային գոյացությունների վրա։

Դանգլիոզիդներն ընկճում են միտոխոնդրիաների կողմից Ca^{++}-իոնների կլանման և դուրս մղման պրոցեսը, որի հետևանքով շատանում է արտամիտոխոնդրային Ca^{++}-ի քանակությունը, որը կարող է ունենալ որոշակի նշանակություն, դանգլիոզիդների մետաբոլիզմի վրա ունեցած ներգործության մեջ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *С. А. Мирзоян, В. П. Акопян*, В сб. Роль гамма-аминомасляной кислоты в деятельности нервной системы, Л., 1964. [2] *С. А. Мирзоян, В. П. Акопян*, „Фармакология и токсикология", 5, 572 (1967). [3] *С. А. Мирзоян, В. П. Акопян*, ДАН СССР, 214, 2, 465 (1974). [4] *С. А. Мирзоян, В. П. Акопян*, ДАН СССР, 190, 5, 1241 (1970). [5] *S. H. Mirzojan, V. P. Akopian*, V International congress on pharmacology, San Francisco, USA, 159 (1972). [6] *C. F. Schmidt*, Charles C. Thomas, Springfield (1950). [7] *Е. М. Крепс*, В сб. Успехи нейрохимии, Л., 50 (1974). [8] *H. Mc. Hwain* Biochem J. 90, 442 (1964). [9] *L. S. Wolfe* Canad. J. Biochem., 42, 6, 971 (1969). [10] *М. Н. Прохорова*, В сб. Нервная система, 8, 31, Л. (1967). [11] *R. E. Howard, R. M. Burton*, Biochim. Biophys Acta, 84, 4 435 (1964). [12] *D. W. Wolley B. W. Gommi*, Nature, 202, 4937, 1074 (1964). [13] *W. Z. Gielen*, Naturforsch., 216, 1107 (1966). [14] *С. А. Мирзоян, Э. Е. Мхеян, Э. С. Секоян, О. П. Соцкий* ДАН СССР, 201, 2, 507 (1971). [15] *S. Bogoch*, Nature, 190, 4771, 152 (1961). [16] *М. Н. Прохорова, З. Н. Тушкова*, Большой практикум по углеводному и липидному обмену, Л., (1965). [17] *А. М. Блинова, М. Е. Маршак*, Материалы к симпозиуму "Физиологические механизмы мозгового кровообращения, 2, Л., (1963). [18] *P. Cooper*, Med. Electron Biol Eng. 1, 3, 529 (1963). [19] *I. S. Lantie, M. I. Rand*, Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 43, 619 (1965). [20] *J. S. Gillespie*, J. Physiol. (London), 187, 2 (1966). [21] *Ю. В. Евтодиенко, Л. Ю. Кудзина*, Структура и функции митохондрий, М. 1968. [22] *Э. Е. Мхеян, О. П. Соцкий*, Украинский биохимический журнал, 44, 5, 644 (1972). [23] *О. П. Соцкий* Вопросы биохимии мозга, 5, 139 Ереван, (1969).