ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ

ДОКЛАДЫ

Том 89 № 1

1989

Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ա. ԱՐԶՈՒՄԱՆՅԱՆ, տեխն. գիտ. թեկնածու (պատ. քարտուղար), Է. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Թ. ԲԱԲԱՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Հ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղակալ), Վ. Գ. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ, Գ. Ս. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Դ. Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ. ՀԽՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ (պատ. խմբագիր). Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Վ. Բ. ՖԱՆԱՐՋՅԱՆ, ՀԽՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս:

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Г. А. АРЗУМАНЯН, канд. техн. наук (отв. секретарь), Э. Г. АФРИКЯН, академик АН АрмССР, А. Т. БАБАЯН, академик АН АрмССР, А. А. ГАБРИЕЛЯН, академик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, академик АН АрмССР (зам. отв. редактора), В. Г. МХИТАРЯН, чл-корр. АН АрмССР, Г. С. СААКЯН, академик АН АрмССР, Д. М. СЕДРАКЯН, чл.-корр. АН АрмССР (отв. редактор). А. А. ТАЛАЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР, М. Л. ТЕР-МИКЕЛЯН, академик АН АрмССР, В. В. ФАНАРДЖЯН, академик АН АрмССР.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ

ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАН

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ռ. Ն. Թոռոսյան—(F)-անջատելի ենթաբազմությունների բերելիությունը և դրանց բանակների գնահատումները վերջավոր բազմություններում 3

Ա. Ջ. Ստեփանյան—Արագ տատանվող գործակիցներով չորրորդ կարգի սովորական դիֆերենցիալ հավասարման համար մի խնդրի սեփական արժեքների և սեփական ֆունկցիաների ասիմպտոտիկ վերլուծությունը 9

Լ. Ջ. Գևորգյան—Վերլուծություն ըստ ոչ-ինքնահամալուծ օպերատորի սեփական ֆունկցիոնալների. լուսաբանող օրինակ 14

ԿԻԲԵՌՆԵՏԻԿԱ

Յու. Մ. Գասպարյան—Անսարքությունների ծառի անալիզի մեթոդ . . . 19

ԳԵՈՖԻԶԻԿԱ

Հ. Մ. Ավչյան, Ա. Հ. Միհայելյան—Լինեամենտների կոնֆիգուրացիան և նրանց կապը սեյսմիկ երևույթների հետ 22

ԳԵՈՔԻՄԻԱ

Մ. Ս. Հակոբյան, Ռ. Լ. Մելքոնյան, Օ. Դ. Մաղանյան, Ռ. Ն. Տայան, Գ. Գ. Իսկանդարյան—Նոր տվյալներ Քաջարանի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի առաջացման վերաբերյալ 26

ԲԻՈՔԻՄԻԱ

Ռ. Ա. Զախարյան, Ա. Ա. Սաֆարյան, Ն. Տ. Գասպարյան—Na-բուտիրատով և դբ-ցԱՄՖ Heαa բջիջների ԴՆԹ միջնորդված տրանսֆորմացիայի պրոցեսի ստիմուլյացիայի մեխանիզմի մասին 30

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ջ. Ա. Աղաջանյան, Մ. Գ. Շամցյան, Ֆ. Ռ. Ղազարյան, Յու. Գ. Պոպով—Թիթեռնածաղկավորների և պալարաբակտերիաների փոխացանքերի ենթարկվող ասոցիացիաներ 34

ՄԻՋԱՏԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ. Յու. Քալաշյան—Cylindromorphus Kiesw սեռի նոր տեսակի ոսկեբզեզ Ադրբեջանից (Coleoptera, Buprestidae) 39

ԻՄՈՒՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Վ. Զիլֆյան, Խ. Ս. Սայադյան, Վ. Գ. Խաչատրյան, Մ. Ա. Պետրոսյան—Ուրցագեղձի լիմֆոցիտների կենսագործունեության սպիտակուցային արգասիքների գել-ֆիլտրացիոն բնութագիրը 41

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ռ. Ա. Հարությունյան, Լ. Ա. Մաճակովա, Դ. Ա. Սարկիսյան, Ջ. Կ. Խաչատրյան, Ք. Ռ. Հարությունյան—Սերոթոնինի ազդեցությունը օրգանիզմի ջերմատարողության, ջերմարձակման և ջերմային հոմեոստազի վրա 45

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Б. Е. Торосян—Сводимость {F}-отделимых подмножеств и оценки их числа в конечных множествах 3

Л. З. Степанян—Асимптотическое разложение собственных значений и собственных функций одной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения четвертого порядка с быстро осциллирующими коэффициентами . 9

Л. З. Геворкян—Разложение по собственным функционалам несамосопряженного оператора. Иллюстративный пример 14

КИБЕРНЕТИКА

Ю. М. Гаспарян—Метод анализа дерева отказов 19

ГЕОФИЗИКА

Г. М. Авчян, А. О. Микаелян—О конфигурации линеаментов и связи ее с сейсмичностью 22

ГЕОХИМИЯ

М. С. Акопян, Р. Л. Мелконян, О. Г. Маданян, Р. Н. Таян, Г. Г. Искандарян—Новые данные о генезисе Каджаранского медно-молибденового месторождения 26

БИОХИМИЯ

Р. А. Захарян, А. С. Сафарян, Н. Т. Гаспарян—К механизму стимуляции процесса ДНК-опосредованной трансформации клеток Hela Na-бутиратом и дб-цАМФ 30

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Дж. А. Агаджанян, М. Г. Шамцян, Ф. Р. Казарян, Ю. Г. Попов—Бобово-ризобиальные перевиваемые ассоциации 34

ЭНТОМОЛОГИЯ

М. Ю. Калашян—Новый вид златки рода Cylindromorphus Kiesw. из Азербайджана (Coleoptera, Buprestidae) 39

ИММУНОЛОГИЯ

А. В. Зильфян, Х. С. Саядян, В. Г. Хачатрян, М. С. Петросян—Гель-фильтрационная характеристика белковых продуктов жизнедеятельности лимфоцитов тимуса 41

ФИЗИОЛОГИЯ

Р. А. Арутюнян, Л. А. Саакова. Д. С. Саркисян, Дж. К. Хачатрян, К. Р. Арутюнян—Влияния серотонина на теплосодержание, теплоотдачу и температурный гомеостаз организма 45

CONTENTS

MATHEMATICS

B. E. Torossian—Reducibility among {F}-separable subsets and estimates of their numbers in finite sets. 3

A. Z. Stepanian—Asymptotic expansion of eigenvalues and eigenfunctions of one problem for the ordinary differential equation of fourth order with rapidly oscillating coefficients 9

L. Z. Gevorkian—Expansion in terms of eigenfunctionals of the non-self adjoint operator, an example illustrative 14

CYBERNETICS

Yu. M. Gasparian—A method for fault tree analysis 19

GEOPHYSICS

H. M. Avchian, A. O. Mikaelian—On the configuration of the lineaments and their relation to seismicity. 22

GEOCHEMISTRY

M. S. Hakobian, R. L., Melkonian, O. G. Madanian, R. N. Tayan, G. G. Iskandarian—New data on the Kadjarian porphyry copper ore deposit genesis . 26

BIOCHEMISTRY

R. A. Zakarian, A. S. Safarian, N. S. Gasparian—To the mechanism of stimulation DNA-mediated transformation Hela cells by Na-butyrate and db-cAMP 30

PLANT PHYSIOLOGY

I. A. Aghajanian, M. G. Shamtsian, F. R. Ghazarian, Y. G. Popov—The leguminous-rhizobial subcultured association 34

ENTOMOLOGY

M. Yu. Kalashian—A new species of the buprestid-beetles of the genus Cylindromorphus Kiesw. from Azerbaijan (Coleoptera, Buprestidae) . . . 39

IMMUNOLOGY

A. V. Zilfian, Kh. S. Sajadian, V. G. Khatchatrian, M. S. Petrossian—Gel-filtration characteristics protein products of vital activity thymic lymph cells 41

PHYSIOLOGY

R. A. Harutunian, L. A. Saakova, D. K. Khachatrian, K. R. Harutunian—The influence of serotonin on sensible heat, heat irradiation and temperature homeostas of the organism 45

Техн. редактор *Азизбекян Л. А.*

Сдано в набор 31.05.89. Подписано к печати 19.10.89. ВФ 02399
Формат 70×108 1/16. Бумага № 1. сыктывкарская. Высокая печать. Печ. лист 3,0.
Усл. печ. л. 4,2. Усл. кр. отт. 4,2. Учет.-изд. л. 3,2. Тираж 530. Заказ № 817.
Издат. № 7645. Цена 55 к.
Адр. ред.: 375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24-г., II эт., к. 1, т. 27-97-38.

Издательство Академии наук Армянской ССР. 375019, Ереван,
пр. Маршала Баграмяна, 24-г.
Типография Издательства Академии наук АрмССР. 378310, г. Эчмиадзин

ISSN C321—1339 Доклады Академии наук Армянской ССР, 1989, Т. 89 № 1, 1—48

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 №1

УДК 519.1+519.71

МАТЕМАТИКА

Б. Е. Торосян

Сводимость $\{F\}$-отделимых подмножеств и оценки их чисел в конечных множествах

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. Р. Варшамовым 28/II 1989)

В статье развиваются некоторые результаты, представленные в работах [1–3]. Поэтому, хотя и некоторые из приведенных ниже (пункт 1) утверждений легко распространяются на бесконечные множества, мы продолжаем ограничиваться рассмотрением непустых конечных множеств точек n-мерного евклидова пространства R^n. Кроме того, рассматриваются непустые классы $\{G(\tilde{x})\}=\{G\}$, состоящие из вещественнозначных функций $G(\tilde{x})\equiv G(x_1, \ldots, x_n)$.

1. Рассмотрим системы неравенств

1) $\begin{cases} F(\tilde{x})\geqslant 0, \text{ при } \tilde{x}\in A_0 \\ F(\tilde{x})<0, \text{ при } \tilde{x}\in A\setminus A_0; \end{cases}$ 2) $\begin{cases} F(\tilde{x})>0, \text{ при } \tilde{x}\in A_0 \\ F(\tilde{x})\leqslant 0, \text{ при } \tilde{x}\in A\setminus A_0; \end{cases}$

3) $\begin{cases} F(\tilde{x})\leqslant 0, \text{ при } \tilde{x}\in A_0 \\ F(\tilde{x})>0, \text{ при } \tilde{x}\in A\setminus A_0; \end{cases}$ 4) $\begin{cases} F(\tilde{x})<0, \text{ при } \tilde{x}\in A_0 \\ F(\tilde{x})\geqslant 0, \text{ при } \tilde{x}\in A\setminus A_0; \end{cases}$

5) $\begin{cases} F(\tilde{x})>0, \text{ при } \tilde{x}\in A_0 \\ F(\tilde{x})<0, \text{ при } \tilde{x}\in A\setminus A_0; \end{cases}$ 6) $\begin{cases} F(\tilde{x})<0, \text{ при } \tilde{x}\in A_0 \\ F(\tilde{x})>0, \text{ при } \tilde{x}\in A\setminus A_0. \end{cases}$

Подмножество $A_0\subseteq A$ называется $\{F\}$-отделимым в множестве $A\subset R^n$, если в классе $\{F\}$ разрешима хотя бы одна из систем 1)–4).

Определение 1. *Скажем, что $\{G\}$-отделимое в C подмножество $C_0\subseteq C$ имеет тип (i), $i\in\overline{\{1, 6\}}$, если его отделение в C можно реализовать системой типа i*

Пусть рассматриваются $\{F\}$-отделимость подмножеств в множестве $A\subset R^n$ и $\{H\}$-отделимость подмножеств в множестве $B\subset R^m$.

Определение 2. *Скажем, что $\{F\}$-отделимое в A подмножество $A_0\subseteq A$ и $\{H\}$-отделимое в B подмножество $B_0\subseteq B$ однотипны, если им можно приписать один и тот же тип.*

Ниже приводятся два варианта определения эквивалентности множеств $A\subset R^n$ и $B\subset R^m$ по рассмотрениям соответственно $\{F\}$- и $\{H\}$-отделений их подмножеств, представляющие определенный теоретико-практический интерес.

Определение 3. *Два множества будем считать эквивалентными по $\{F\}$- и $\{H\}$-отделениям их подмножеств, если существует взаимно-однозначное соответствие между множествами $\{F\}$-отделимых подмножеств по любой совокупности типов в од-*

ном и {H}-отделимых подмножеств по этой же совокупности типов в другом, ставящее в соответствие однотипные подмножества.

Определение 4. *Два множества будем считать эквивалентными по {F}- и {H}-отделениям подмножеств, если существует взаимно-однозначное соответствие между их элементами, ставящее {F}-отделимое подмножество первого множества в соответствие с однотипным {H}-отделимым подмножеством второго и наоборот.*

Рассмотрим преобразование координат, задаваемое в виде $\bar{u}(\bar{x})=(u_1(\bar{x}), \ldots, u_m(\bar{x}))$. Запись $A \xrightarrow{\bar{u}(\bar{x})} B$ означает, что преобразованием $\bar{u}(\bar{x})$ множество $A \subset R^n$ отображается на множество $B \subset R^m$. Подстановка преобразования $\bar{u}(\bar{x})$ в функцию $G(u_1, \ldots, u_m)$ предполагает образование функции $G(u_1(\bar{x}), \ldots, u_m(\bar{x}))\equiv G(\bar{u}(\bar{x}))$, а $\{G\}_{\bar{u}(\bar{x})}=\{G(\bar{u}(\bar{x}))/G(\bar{u})\in\{G\}\}$. Предполагается, что операция подстановки выполняется только тогда, когда это возможно.

Определение 5. *Скажем, что класс {G} замкнут относительно подстановки преобразования $\bar{u}(\bar{x})$, если $\{G\}_{\bar{u}(\bar{x})}\subseteq\{G\}$.*

Имеет место утверждение.

Теорема 1. *Пусть $A \xrightarrow{\bar{u}(\bar{x})} B$, а $\{G(\bar{u})\}$ — произвольный класс функций. Тогда:* 1) *множества A и B эквивалентны в смысле определения 3 при $\{H\}\equiv\{G\}$ и $\{F\}\ \{G\}_{\bar{u}(\bar{x})}$;* 2) *если $\bar{u}(\bar{x})$ реализует взаимно-однозначное отображение, то A и B эквивалентны в смысле определения 4 при $\{H\}\equiv\{G\}$ и $\{F\}\equiv\{G\}_{\bar{u}(\bar{x})}$;* 3) *если $\{G\}_{\bar{u}(\bar{x})}\subseteq\{G\}$, то число {i}-отделимых подмножеств в B по любой совокупности типов не превосходит числа таких подмножеств в A;* 4) *если $G \xrightarrow{\bar{u}(\bar{x})} B$, то множества A и C эквивалентны в смысле определения 3 при $\{F\}\equiv\{G\}_{\bar{u}(\bar{x})}\equiv\{H\}$;* 5) *если $B \xrightarrow{\bar{w}(\bar{u})} A$, $\{G\}_{\bar{u}(\bar{x})}\subseteq\{G\}$ и $\{G\}_{\bar{w}(\bar{u})}\subseteq\{G\}$, то A и B эквивалентны в смысле определения 4 при $\{F\}\equiv\{H\}\equiv\{G\}$.*

Отметим, что основной пункт 1) теоремы рассматривался [4,5] и являлся одним из основных фактов при обосновании универсальности {R}-моделей распознавания [5,6]. Конструктивное доказательство теоремы позволяет сделать конкретные выводы и использовать их с целью оценки числа {F}-отделимых подмножеств и сложностей их отделений в конечных множествах. Например, пусть $\bar{u}(\bar{x})$ — невырожденное линейное преобразование, $R^n \to R^n$ и $\{G(x)\}$ — класс всех многочленов не выше данной степени. Тогда, если $A \xrightarrow{\bar{u}(\bar{x})} B$, то A и B эквивалентны в смысле определения 4 при $\{F\}\equiv\{H\}\equiv\{G\}$.

2. По аналогии рассмотрений некоторых свойств линейно-отделимых ($\{\bar{a}\bar{x}+b\}$-отделимых) подмножеств множества $E^n=\{0, 1\}^n$ (см. [7–12]) ниже приводятся свойства таких подмножеств в других мно-

жествах. Ими мы пользуемся при обосновании пункта 3.

Если функция $F(\tilde{x})$ отделяет подмножества $A_0 \subseteq A$ в A, и $B \subseteq A$, то, очевидно, она реализует однотипное отделение подмножества $A_0 \cap B$ в B. Пусть $C\binom{i_1, \ldots, i_\nu}{\sigma_1, \ldots, \sigma_\nu} = \{\tilde{x} \in C / x_{i_1} = \sigma_1, \ldots, x_{i_\nu} = \sigma_\nu\}$.

Утверждение 1. *Если подмножество $A_0 \subseteq A$ линейно-отделимо в A, то при любых $i_1, \ldots, i_\nu$, $\sigma_1, \ldots, \sigma_\nu$ подмножество $A_0\binom{i_1, \ldots, i_\nu}{\sigma_1, \ldots, \sigma_\nu}$ линейно-отделимо в множестве $A\binom{i_1, \ldots, i_\nu}{\sigma_1, \ldots, \sigma_\nu}$.*

Пусть для конечного числа вещественных чисел ξ_i и η_j выполняется равенство $\sum \xi_i = \sum \eta_j$.

Утверждение 2. *Если подмножество $A_0 \subseteq A$ линейно-отделимо в A, то не существуют точки $\tilde{\alpha}_i \in A_0$ и $\tilde{\beta}_j \in A \setminus A_0$ такие, что $\sum \xi_i \tilde{\alpha}_i = \sum \eta_j \tilde{\beta}_j$.*

Скажем, что подмножество $B_0 \subseteq B$ k-асуммируемо в B, если для любых $\tilde{\alpha}_1, \ldots, \tilde{\alpha}_k \in B_0$ и $\tilde{\beta}_1, \ldots, \tilde{\beta}_k \in B \setminus B_0$ равенство $\sum_{i=1}^{k} \tilde{\alpha}_i = \sum_{j=1}^{k} \tilde{\beta}_j$ невозможно.

Следствие. *Линейно-отделимое в A подмножество k-асуммируемо в A при любом $k \in N$.*

Говорят, что множества B и C сравнимы, если одно из них является подмножеством другого.

Пусть $A = S_1 \times S_2 \times \ldots \times S_n$, где $S_1, \ldots, S_n \subset R$. Скажем, что подмножество $A_0 \subseteq A$ k-сравнимо, если для любых $i_1, \ldots, i_k \in \{\overline{1, n}\}$; $\sigma_1, \ldots, \sigma_k, \delta_1, \ldots, \delta_k \in R$ множества $A_0\binom{i_1, \ldots, i_k}{\sigma_1, \ldots, \sigma_k}$ и $A_0\binom{i_1, \ldots, i_k}{\delta_1, \ldots, \delta_k}$ сравнимы. Скажем, что подмножество $A_0 \subseteq A$ k-однородно, если оно m-сравнимо при любом $m \leqslant k$; n-однородное подмножество $A_0 \subseteq A$ назовем вполне-однородным.

Теорема 2. *Линейно-отделимое в $S_1 \times S_2 \times \ldots \times S_n$ подмножество k-однородно при любом $k \in \{\overline{1, n}\}$.*

Теорема 3. *Подмножество $A_0 \subseteq S_1 \times S_2 \times \ldots \times S_n$ вполне-однородно тогда и только тогда, когда оно $\left|\frac{n}{2}\right|$-однородно.*

3. Класс функций $\{F\}$ называется полным (по отделению) относительно множества $A \subset R^n$ (2), если всякому $\{F\}$-отделимому в A подмножеству можно приписать тип (5). В дальнейшем рассматриваются полные классы функций. Множества p-элементных $\{F\}$-отделимых в A и $\{F\}$-отделимых в A подмножеств обозначаются соответственно через $M(\{F\}, A, p)$ и $M(\{F\}, A)$.

Рассмотрим класс $\{F\} \equiv \left\{\sum_{i=1}^{q} a_i f_i(\tilde{x}) + b\right\}$ — линейное замыкание множества функций $\{f_1(\tilde{x}), \ldots, f_q(\tilde{x}), 1\}$. В ([1,2,13]) было установлено, что вектор $\Omega(\{F\}, A_0) = (\sum_{x \in A_0} f_1(\tilde{x}), \ldots, \sum_{x \in A_0} f_q(\tilde{x}), |A_0|)$ полностью и однозначно определяет $\{F\}$-отделимость подмножества $A_0 \subseteq A$ в A. Это ут-

верждение является обобщением теоремы, доказанной Чоу для линейно-отделимых подмножеств множества E^n. Оно показывает, что вопрос оценки числа $\{F\}$-отделимых в A подмножеств сводится к оценке числа возможных векторов $\Omega(\{F\}, |A_0|)$ при $A_0 \subseteq A$. Установленные в [1-3,13] верхние оценки последнего числа завышены. Здесь опишем подход к дальнейшему усилению этих оценок.

Пусть $s_t(A)$, $t \in \overline{1, q}$, есть количество различных значений, принимаемых функцией $f_t(\tilde{x})$ в множестве A; $c_{t,1}(A), \ldots, c_{t,s_t(A)}(A)$ — эти значения; $r_{t,i}(A)$, $i \in \{1, s_t(A)\}$, — число точек множества A, в которых функция $f_t(\tilde{x})$ принимает значение $c_{t,i}(A)$, а $r_{t,i}(A, p) = \min\{p, r_{t,i}(A)\}$. Тогда число возможных значений суммы $\sum_{\tilde{x} \in A_0} f_t(\tilde{x})$ по всем p-элементным подмножествам $A_0 \subseteq A$ равно количеству значений параметра c_t, при каждом из которых в целых неотрицательных числах $z_{t,1}, z_{t,2}, \ldots, z_{t,s_t(A)}$ разрешима система

$$\begin{cases} z_{t,1} \cdot c_{t,1}(A) + \ldots + z_{t,s_t(A)} \cdot c_{t,s_t(A)}(A) = c_t \\ z_{t,1} + \ldots + z_{t,s_t(A)} = p \\ 0 \leqslant z_{t,i} \leqslant r_{t,i}(A, p), \ i = \overline{1, s_t(A)}. \end{cases} \tag{1}$$

Поэтому, если $m_t(A, p)$ есть любая верхняя оценка указанного количества, то будет иметь место неравенство $|M(\{F\}, A, p)| \leqslant \prod_{t=1}^{q} m_t(A, p)$. Из-за равенства $|M(\{F\}, A, p)| = |M(\{F\}, A, |A|-p|)$ эти оценки достаточно рассматривать при $0 \leqslant p \leqslant \left|\frac{|A|}{2}\right|$. Например, если $s_t(A) = 2$, $t = \overline{1, q}$, то справедлива оценка $|M(\{F\}, A, p)| \leqslant \prod_{t=1}^{q} [\min\{\min\{r_{t,1}(A), r_{t,2}(A)\}, p\} + 1]$.

Оценки числа возможных векторов $\Omega(\{F\}, A_0)$ по всем p-элементным подмножествам $A_0 \subseteq A$ предполагает совместное рассмотрение всех систем (1) при $t = \overline{1, q}$, а также возможных соотношений относительно параметров $c_1, \ldots, c_q$. Предположим, что известны соотношения $\gamma_j(c_1, \ldots, c_q) \rho_j 0$, $j = \overline{1, l}$, где ρ_j обозначает один из знаков $>, <, \geqslant, \leqslant, =$. Тогда число возможных векторов $\Omega(\{F\}, A_0)$ не будет превышать числа комбинаций $(c_1, \ldots, c_q)$, доставляющих разрешение в целых неотрицательных числах $z_{1,1}, \ldots, z_{1,s_1(A)}, \ldots, z_{q,1}, \ldots, z_{q,s_q(A)}$ системе

$$\left.\begin{cases} z_{t,1} \cdot c_{t,1}(A) + \ldots + z_{t,s_t(A)} \cdot c_{t,s_t(A)}(A) = c_t \\ z_{t,1} + \ldots + z_{t,s_t(A)} = p \\ 0 \leqslant z_{t,i} \leqslant r_{t,i}(A, p), \ i = \overline{1, s_t(A)} \\ \gamma_j(c_1, \ldots, c_q) \rho_j 0, \ j = \overline{1, l} \end{cases}\right\} t = \overline{1, q} \tag{2}$$

Поэтому, если $m(A, p)$ есть верхняя оценка отмеченного числа комбинаций $(c_1, \ldots, c_q)$, то будем иметь $|M(\{F\}, A, p)| \leqslant m(A, p)$. Например, если $f_i(\tilde{x}) = x_1 \cdot \ldots \cdot x_i$, $q=n$, $2^k < p \leqslant 2^{k+1}$, $0 \leqslant k \leqslant n-2$, то только учет недопустимости неравенства $c_{n-1} < c_n$ в условиях разрешимости соответствующей системы (2) приводит к неравенству

$$|M(\{F\}, E^n, p)| \leqslant \frac{5}{6}(p+1)^{n-k-1} \prod_{i=1}^{k} (2^i+1).$$

Вычислительный центр Академии наук Армянской ССР и
Ереванского государственного университета

Ռ. Ե. ԹՈՐՈՍՅԱՆ

$\{F\}$-անջատելի ենթաբազմությունների բերելիությունը և դրանց հանակների գնահատումները վերջավոր բազմություններում

A բազմության A_0 ենթաբազմությունը կոչվում է (F)-անջատելի A-ում, եթե A_0 և A/A_0 ենթաբազմությունները կարելի է տարբերել (F) դասի որևէ ֆունկցիայի դրանցում ունեցած նշաններով։

Դիցուք A-ն և B-ն համապատասխանաբար n և m-չափանի էվկլիդյան տարածությունների վերջավոր բազմություններ են։ Ինչպիսի՞ պայմանների դեպքում և ի՞նչպես են կապված A բազմության ենթաբազմությունների $\{F\}$-անջատման հարցերը B բազմության ենթաբազմությունների $\{H\}$-անջատման հարցերի հետ։ Ե՞րբ և ի՞նչպես է կարելի A-ում դիտարկվող հարցերը հանգեցնել B-ում համապատասխան հարցերի դիտարկմանը։ Աշխատանքում բերվում է այս հարցերի պատասխանները որոշակի և բավականաչափ ընդհանուր պայմանների դեպքում։ Հաստատված պնդումներն ունեն տեսական և կիրառական որոշակի նշանակություններ։ Դրանք, մասնավորաբար, լայն կիրառություն են գտնում վերջավոր բազմության $\{F\}$-անջատելի ենթաբազմությունների քանակի գնահատման հարցում։

Հաստատվում են վերջավոր բազմության գծայնորեն-անջատելի ենթաբազմությունների հետաքրքրություն ներկայացնող հատկություններ։ Նկարագրվում են $\{F\}$-անջատելի ենթաբազմությունների քանակի ([1–3]) աշխատանքներում բերված որոշ գնահատականների հետագա լավացման հնարավորությունները։ Ցույց է տրվում, որ այդ խնդիրը բերվում է քվերի սահմանափակումներով տրոհումների խնդիրներին։

Թեորեմ 1-ը հնարավորություն է տալիս $\{F\}$-անջատելի ենթաբազմությունների քանակը գնահատել այդ քանակի տեսակետից համարժեք բազմություններից նրանում, որում այդ հարցի լուծումը, որոշ նկատառումներից ելնելով, ավելի հեշտ է իրականացնել։ Այսպես, օրինակ, եթե $S_1, \ldots, S_n$ բազմություններից յուրաքանչյուրը կապված է վերջավոր թվաբանական պրոգրեսիայի անդամներից, ապա այդ թեորեմից և ([1]) աշխատանքից հետևում է, որ $S_1 \times \ldots \times S_n$ դանդի p տարր պարունակող գծայնորեն-անջատելի ենթաբազմությունների քանակը չի գերազանցում $\prod_{i=1}^{n} |p(|S_i|-1)+1|$ թվին։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 *Б. Е. Торосян*, ДАН АрмССР, т. 84, № 2 (1987). 2 *Б. Е. Торосян*, ДАН АрмССР т. 87, № 4 (1988). 3 *Б. Е. Торосян*. ДАН АрмССР, т. 88, № 1 (1989). 4 *T. M. Cove* IEEE Trans. on El. Comp., EC—14, № 3 (1965). 5 *В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис*, Теория распознавания образов, Наука. М., 1974. 6 *Ю. И. Журавлев*, Проблемы кибернетики, вып. 33, Наука, М., (1978). 7 *M. C. Paull, E. J. McCluskey* Proc. IRE, v. 48 (1960). 8 *C. K. Chow*, Proc. IRE, v. 39 (1961). 9 *В. И. Виршвский*, ДАН СССР, т. 139, № 5 (1961). 10 *Л. А. Шоломов*, Проблемы кибернетики вып. 13, Наука, М., (1965). 11 *P. O. Winder*, IEEE Trans. on El. Comp., EC—14 № 2 (1965). 12 *М. Дертоузос*, Пороговая логика, Мир. М. 1967. 13 *Б. Е. Торосян* VI Всесоюзная конференция по проблемам теор. киб., Тезисы докл., г. Саратов, 1983.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 №1

УДК 517.91

МАТЕМАТИКА

А. З. Степанян

Асимптотическое разложение собственных значений и собственных функций одной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения четвертого порядка с быстроосциллирующими коэффициентами

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. Б. Нерсесяном 6/III 1989)

В настоящей работе использован подход, предложенный в статье (1). Рассматривается следующая задача на собственные значения:

$$L_\varepsilon u_\varepsilon(x) + \lambda(\varepsilon)\rho\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon(x) \equiv \frac{d^2}{dx^2}\left(a\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)\frac{d^2u_\varepsilon(x)}{dx^2}\right) +$$

$$+ \frac{d}{dx}\left(b\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)\frac{du_\varepsilon(x)}{dx}\right) + c\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon(x) + \lambda(\varepsilon)\rho\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon(x) = 0, \quad x\in(0, 1). \qquad (1)$$

$$u_\varepsilon(0) = u_\varepsilon(1) = \frac{du_\varepsilon}{dx}(0) = \frac{du_\varepsilon}{dx}(1) = 0, \qquad (2)$$

где функции $a(\xi)$, $b(\xi)$, $c(\xi)$, $\rho(\xi)$ предполагаются гладкими и периодическими с периодом 1,

$$a\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) \geqslant a_0 = \text{const} > 0, \quad b\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) \leqslant 0, \quad c\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) \geqslant 0,$$

$$\rho\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) \geqslant \rho_0 = \text{const} > 0.$$

Предполагается также, что спектр рассматриваемого оператора простой. Тогда, если обозначим k-е собственное значение через

$$\lambda^k(\varepsilon), \text{ то } 0 > \lambda^1(\varepsilon) > \lambda^2(\varepsilon) > \ldots > \lambda^k(\varepsilon) > \ldots.$$

Известно, что при наложенных условиях оператор A_ε, действующий в пространстве $L_2(0, 1)$ и ставящий в соответствие функции f решение u_ε задачи

$$L_\varepsilon u_\varepsilon = f, \qquad u_\varepsilon(0) = u_\varepsilon(1) = \frac{du_\varepsilon}{dx}(0) = \frac{du_\varepsilon}{dx}(1) = 0$$

($A_\varepsilon = L_\varepsilon^{-1}$), является самосопряженным, положительным, компактным оператором.

Будем искать асимптотическое разложение собственного значения $\lambda^k(\varepsilon)$ и соответствующей ему собственной функции $u_\varepsilon^k(x)$ задачи (1), (2) в виде

$$\lambda^{(M)}(\varepsilon)=\lambda_0+\varepsilon\lambda_1+\ldots+\varepsilon^{M+4}\lambda_{M+4}, \tag{3}$$

$$u_\varepsilon^{(M)}(x)=\sum_{i=0}^{M+4}\varepsilon^i\left(\sum_{s=0}^{i}N^{(i,s)}(\xi)\frac{d^s v_0(x)}{dx^s}\right), \quad \xi=\varepsilon^{-1}x \tag{4}$$

(индекс k здесь и далее, для простоты, будем опускать).

Предполагается, что $M\geqslant 0$ — целое число, $N^{(i,s)}(\xi)$ и $v_0(x)$ — подлежащие определению функции, λ_i — подлежащие определению числа. В дальнейшем будем считать, что функции $N^{(i,s)}$ определены для всех целых значений индексов i, s, причем $N^{(i,s)}\equiv 0$, если $i<0$, или $s<0$ или $i<s$. Там, где пределы суммирования не будут указаны, будем предполагать, что суммирование проводится по всем таким индексам i, s, при которых функция $N^{(i,s)}$ не равна нулю тождественно.

Подставим выражения (3), (4) в уравнение (1). Получим

$$L_\varepsilon u_\varepsilon^{(M)}(x)+\lambda^{(M)}(\varepsilon)\rho\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon^{(M)}(x)=\sum_{i=-4}^{M}\varepsilon^i\sum_s\left|\frac{d^2}{d\xi^2}\left(a\left(\frac{d^2N^{(i+1,s)}}{d\xi^2}+\right.\right.\right.$$

$$+2\frac{dN^{(i+3,s-1)}}{d\xi}+N^{(i+2,s-2)}\Big)\Big)+2\frac{d}{d\xi}\Big(a\Big(\frac{d^2N^{(i+3,s-1)}}{d\xi^2}+2\frac{dN^{(i+2,s-2)}}{d\xi}+$$

$$\left.\left.\left.+N^{(i+1,s-3)}\right)\right)+a\left(\frac{d^2N^{(i+2,s-2)}}{d\xi^2}+2\frac{dN^{(i+1,s-3)}}{d\xi}+N^{(i,s-4)}\right)+\right. \tag{5}$$

$$+\frac{d}{d\xi}\left(b\left(\frac{dN^{(i+2,s)}}{d\xi}+N^{(i+1,s-1)}\right)\right)+b\left(\frac{dN^{(i+1,s-1)}}{d\xi}+N^{(i,s-2)}\right)+cN^{(i,s)}+$$

$$\left.+\sum_{r=0}^{i}\lambda_r N^{(i-r,s)}\rho\right|\frac{d^s v_0}{dx^s}+\varepsilon^{M+1}F_\varepsilon^1(x)=\sum_{i=-4}^{M}\varepsilon^i\sum_s M^{(i+4,s)}(\xi)\frac{d^s v_0}{dx^s}+\varepsilon^{M+1}F_\varepsilon^1(x),$$

где $F_\varepsilon^1(x)$ есть сумма слагаемых вида $\varepsilon^l\varphi(\xi)\dfrac{d^l v_0}{dx^l}$, $l\geqslant 0$, $l<M+8$, $\varphi(\xi)$ ограничена.

Потребуем, чтобы коэффициенты $M^{(i,s)}$ были постоянными, равными $h^{(i,s)}$. Это дает уравнения для определения функций $N^{(i,s)}$, причем постоянные $h^{(i,s)}$ выбираются так, чтобы полученные уравнения имели решения. Тогда, в частности, получим

$$h^{(i,s)}=0,\ i=0,1,2,3,\ s<i; \tag{6}$$

$$h^{(1,1)}=\langle a^{-1}\rangle^{-1},\ h^{(1,2)}=\langle b\rangle,\ h^{(1,0)}=\langle c\rangle+\lambda_0\langle\rho\rangle;\ \langle f\rangle=\int_0^1 f(x)dx.$$

Определив таким образом все функции $N^{(i,s)}$, из (5) получим

$$L_\varepsilon u_\varepsilon^{(M)}(x)+\lambda^{(M)}(\varepsilon)\rho\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon^{(M)}(x)=\sum_{i=0}^{M}\varepsilon^i\left(\sum_{s=0}^{i+1}h^{(i+1,s)}\frac{d^s v_0}{dx^s}\right)+\varepsilon^{M+1}F_\varepsilon^2(x)= \tag{7}$$

$$=\sum_{i=1}^{M}\varepsilon^i\left(\sum_{s=0}^{i+1}\bar{h}^{(i+1,s)}\frac{d^s v_0}{dx^s}+\lambda_i\langle\rho\rangle v_0\right)+\varepsilon^{M+1}F_\varepsilon^2(x),$$

где функция F_ε^2 имеет вид функции F_ε^1,

$$\bar{h}^{(i+1,s)}=h^{(i+1,s)}-\lambda_i\langle\rho\rangle\delta_0^s, \quad \text{где } \delta_0^s=\begin{cases}1 \text{ при } s=0,\\ 0 \text{ при } s\neq 0\end{cases}$$

(из выражений для $h^{(i,s)}$ выводятся члены, содержащие числа i_l).

Для того, чтобы равнялась нулю сумма в правой части (7), функция v_ε ищется в виде суммы

$$v_\varepsilon(x) = v_0(x) + \varepsilon v_1(x) + \ldots + \varepsilon^M v_M(x).$$

Подставив это выражение для v_ε в (7), получим

$$L_\varepsilon u_\varepsilon^{(M)}(x) + \lambda^{(M)}(\varepsilon)\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon^{(M)}(x) = \sum_{i=0}^{M}\varepsilon^i\left(\sum_{p=0}^{i}\sum_{s=0}^{i-p+1} h^{(i-p+1,s)}\frac{d^s v_p}{dx^s} + \sum_{p=0}^{i} i_{i-p}\langle\rho\rangle v_p\right) + \varepsilon^{M+1}F_\varepsilon^3(x),$$

где F_ε^3 также имеет вид F_ε^1.

Определим теперь $v_p(x)$, $p = 0, \ldots, M$ как функции, удовлетворяющие равенствам

$$\sum_{p=0}^{i}\sum_{s=0}^{i-p+1} h^{(i-p+1,s)}\frac{d^s v_p}{dx^s} + \sum_{p=0}^{i} i_{i-p}\langle\rho\rangle v_p = 0, \quad i = 0, \ldots, M \tag{8}$$

и краевым условиям

$$\sum_{p=0}^{i}\sum_{s=0}^{i-p} N^{(i-p,s)}(0)\frac{d^s v_p(0)}{dx^s} = 0,$$

$$\sum_{p=0}^{i}\sum_{s=0}^{i-p} N^{(i-p,s)}(0)\frac{d^s v_p(1)}{dx^s} = 0,$$

$$\sum_{p=0}^{i}\sum_{s}\left(\frac{dN^{(i-p+1,s)}(0)}{d\xi} + N^{(i-p,s-1)}(0)\right)\frac{d^s v_p(0)}{dx^s} = 0, \tag{9}$$

$$\sum_{p=0}^{i}\sum_{s}\left(\frac{dN^{(i-p+1,s)}(0)}{d\xi} + N^{(i-p,s-1)}(0)\right)\frac{d^s v_p(1)}{dx^s} = 0,$$

$$i = 0, \ldots, M.$$

Выделив в равенствах (8) и (9) члены, содержащие v_i и λ_i и используя выражения (6), получим следующие краевые задачи: для определения функции v_0 —

$$\langle a^{-1}\rangle^{-1}\frac{d^4 v_0}{dx^4} + \langle b\rangle\frac{d^2 v_0}{dx^2} + \langle c\rangle v_0 + i_0\langle\rho\rangle v_0 = 0. \tag{10}$$

$$v_0(0) = v_0(1) = \frac{dv_0(0)}{dx} = \frac{dv_0(1)}{dx} = 0; \tag{11}$$

для определения функций v_i, $i = 1, \ldots, M$ —

$$\langle a^{-1}\rangle^{-1}\frac{d^4 v_i}{dx^4} + \langle b\rangle\frac{d^2 v_i}{dx^2} + \langle c\rangle v_i + i_0\langle\rho\rangle v_i =$$

$$= -\sum_{p=0}^{i-1}\sum_{s}\bar{h}^{(i-p+1,s)}\frac{d^s v_p}{dx^s} - \sum_{p=1}^{i-1} i_{i-p}\langle\rho\rangle v_p - i_i\langle\rho\rangle v_0, \tag{12}$$

$$v_i(0) = -\sum_{p=0}^{i-1}\sum_{s} N^{(i-p,s)}(0)\frac{d^s v_p(0)}{dx^s},$$

$$v_i(1) = -\sum_{p=0}^{i-1}\sum_{s} N^{(i-p,s)}(0)\frac{d^s v_p(1)}{dx^s},$$

$$\frac{dv_i(0)}{dx} = -\sum_{p=0}^{i-1}\sum_{s}\left(\frac{dN^{(i-p+1,s)}(0)}{d\xi} + N^{(i-p,s-1)}(0)\right)\frac{d^s v_p(0)}{dx^s}, \qquad (13)$$

$$\frac{dv_i(1)}{dx} = -\sum_{p=0}^{i-1}\sum_{s}\left(\frac{dN^{(i-p+1,s)}(0)}{d\xi} + N^{(i-p,s-1)}(0)\right)\frac{d^s v_p(1)}{dx^s}.$$

Задача (10), (11) является усреднением задачи (1), (2). Предположим, что собственные значения λ_0^k задачи (10), (11) тоже однократные. Можно показать, что $\lambda^k(\varepsilon)\to\lambda_0^k$ при $\varepsilon\to 0$, $k=1, 2, \ldots$, так что целесообразно в разложении (3) брать λ_0 равной k-му собственному значению λ_0^k задачи (10), (11). Но тогда в разложении (4) надо брать $v_0 = v_0^k$ (v_0^k—k-я собственная функция усредненной задачи, соответствующая собственному значению λ_0^k), что непосредственно следует из (10), (11).

Из (12) (13) можно теперь по индукции определить все величины λ_i и функции v_i, используя третью теорему Фредгольма для оператора A, действующего в пространстве $L_2(0, 1)$ и ставящего в соответствие функции f решение u задачи

$$\langle a^{-1}\rangle^{-1}\frac{d^4u}{dx^4} + \langle b\rangle\frac{d^2u}{dx^2} + \langle c\rangle u = f,\ x\in(0, 1),$$

$$u(0) = u(1) = \frac{du(0)}{dx} = \frac{du(1)}{dx} = 0.$$

Таким образом, в (3) и (4) определены все числа λ_i и функции $N^{(i,s)}$ и v. Основным результатом работы является следующая теорема.

Теорема. *Для собственных значений $\lambda^k(\varepsilon)$ и соответствующих собственных функций $u_\varepsilon^k(x)$ задачи* (1), (2) *имеют место оценки*

$$|\lambda^{(M)}(\varepsilon) - \lambda^k(\varepsilon)| \leqslant c_1(k)\varepsilon^{M+1}, \qquad (14)$$

$$\|u_\varepsilon^{(M)}(x) - u_\varepsilon^k(x)\|_{L_2(0,1)} \leqslant c_2(k)\varepsilon^{M+1}, \qquad (15)$$

где постоянные $c_1(k)$, $c_2(k)$ не зависят от ε.

Замечание 1. Из построения видно, что функции v_i определяются с точностью слагаемого cv_0, где $c=\text{const}$, а v_0—собственная функция задачи (10), (11), соответствующая собственному значению λ_0. Но эта неоднозначность влияет только на величину константы $c_2(k)$. Функции v_i можно определить однозначно, если потребовать, чтобы

$$(v_i, v_0)_{L_2(0,1)} = 0, \quad i = 1, 2, \ldots.$$

Замечание 2. Для получения результатов настоящей работы достаточно потребовать, чтобы были простыми собственные значения усредненной задачи (10), (11). Тогда при достаточно малом ε будут простыми и первые K собственные значения задачи (1), (2) для заранее заданного произвольного числа K.

С другой стороны, собственные значения усредненной задачи будут простыми, например, в случае $\langle b \rangle = 0$.

Замечание 3. Легко видеть, что оценки (14) и (15) получатся и тогда, когда в разложениях (3) и (4) верхние пределы сумм взять равными M, а не $M+4$.

Республиканский главный вычислительный центр
Госагропрома Армянской ССР

Ա. Ջ. ՅՈՍԻՓԱՆՅԱՆ

Արագ ոտտանվող գործակիցներով չորրորդ կարգի սովորական դիֆերենցիալ հավասարման համար մի խնդրի սեփական արժեքների և սեփական ֆունկցիաների ասիմպտոտիկ վերլուծությունը

Ուսումնասիրվում է հետևյալ խնդիրը.

$$\frac{d^2}{dx^2}\left(a\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)\frac{d^2u_\varepsilon(x)}{dx^2}\right)+\frac{d}{dx}\left(b\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)\frac{du_\varepsilon(x)}{dx}\right)+c\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon(x)+$$

$$+\lambda(\varepsilon)\rho\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)u_\varepsilon(x)=0, \quad x\in(0,1),$$

$$u_\varepsilon(0)=u_\varepsilon(1)=\frac{du_\varepsilon}{dx}(0)=\frac{du_\varepsilon}{dx}(1)=0,$$

որտեղ ε-ը փոքր պարամետր է, $a(\xi)$, $b(\xi)$, $c(\xi)$, $\rho(\xi)$ ֆունկցիանները պարբերական են 1 պարբերությամբ,

$$a(\xi)\geqslant a_0>0,\ \rho(\xi)\geqslant\rho_0>0,\ b(\xi)\leqslant 0,\ c(\xi)\geqslant 0;$$

Ապացուցվում են մի $\lambda^k(\varepsilon)$ սեփական արժեքի և նրան համապատասխանող $u_\varepsilon^k(x)$ սեփական ֆունկցիայի համար կառուցվում են

$$\lambda^{(M)}=\lambda_0+\varepsilon\lambda_1+\ldots+\varepsilon^M\lambda_M,$$

$$u_\varepsilon^{(M)}(x)=\sum_{l=0}^{M}\varepsilon^l\left(\sum_{s=0}^{l}N^{(l,s)}(\xi)\frac{d^sv_l(x)}{dx^s}\right), \quad \xi=\varepsilon^{-1}x$$

վերլուծություններ, այնպիսին, որ

$$|\lambda^{(M)}(\varepsilon)-\lambda^k(\varepsilon)|\leqslant c_1(k)\varepsilon^{M+1},$$

$$\|u_\varepsilon^{(M)}(x)-u_\varepsilon^k(x)\|_{L_2(0,1)}\leqslant c_2(k)\varepsilon^{M+1},$$

որտեղ $c_1(k)$, $c_2(k)$ հաստատունները կախված չեն ε-ից։

Աշխատանքում օգտագործվել է [1] աշխատանքի մոտեցումը։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Г. А. Иосифьян, О. А. Олейник, А. С. Шамаев,* Вестн. Моск. ун-та. Матем., мех., № 6, 1985.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 №1

УДК 517.984

МАТЕМАТИКА

Л. З. Геворкян

Разложение по собственным функционалам несамосопряженного оператора. Иллюстративный пример

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. Б. Нерсесяном 14/III 1989)

Пусть A оператор скалярного типа с простым спектром в конечномерном гильбертовом пространстве H. Как хорошо известно ([1], с. 97), это эквивалентно тому, что существует базис пространства H, состоящий из собственных векторов оператора A, причем каждое собственное значение простое. Обозначим этот базис через $\{e_\lambda\}$, где λ принадлежит спектру оператора A. Пусть $\{e_\lambda^*\}$ биортогональная к $\{e_\lambda\}$ система, т. е. $(e_\lambda, e_\mu^*)=\delta_{\lambda\mu}$, где $\delta_{\lambda\mu}$ —символ Кронекера. Известно также, что система $\{e_\mu^*\}$ является совокупностью собственных векторов оператора A^*, причем соответствующее собственное значение равно $\bar{\mu}$.

Введем функцию $x(\mu)=(x, e_\mu^*)$. При этом элементу Ax соответствует функция $(Ax, e_\mu^*)=(x, A^*e_\mu^*)=\bar{\mu}(x, e_\mu^*)=\mu x(\mu)$, т. е. при преобразовании $x\to x(\mu)$ оператор A переходит в оператор умножения на независимую переменную. Принято считать, что это утверждение является содержанием спектральной теоремы ([2], с. 11). Однако оно решает лишь первую половину проблемы, которая называется задачей спектрального анализа. Вторая половина, а именно, задача спектрального синтеза, решается восстановлением элемента x по формуле

$$x=\sum_{\lambda\in Sp A}(x, e_\lambda^*)e_\lambda=\sum_{\lambda\in Sp A}x(\lambda)e_\lambda$$

([1], с. 167).

Этот результат, с соответствующими поправками, переносится на класс самосопряженных и, в меньшей степени, класс нормальных операторов, действующих в бесконечномерном пространстве. При этом, в общем случае, собственные векторы заменяются на собственные функционалы, а суммы—на интегралы.

Наша ближайшая цель—распространить указанную конструкцию на некоторый другой класс операторов. Пусть B_α оператор, действующий в пространстве $L^2(0, 1)$ по формуле

$$(B_\alpha f)(x)=xf(x)+\alpha\int_0^x G(x-t)f(t)dt, \qquad (1)$$

где G функция из $L^1(0, 1)$, α—произвольное комплексное число (множитель α выделен из соображений удобства) Как хорошо известно ([1], с. 336), собственный функционал оператора B_α^*, отвечающий собственному значению $\bar{\lambda}$, определяется условием

$$\varphi_\lambda(B_\alpha f)=\lambda\varphi_\lambda(f). \tag{2}$$

Предположим, что функционал φ_λ задается как свертка с некоторым ядром

$$\varphi_\lambda(f)=\int_0^\lambda K(\lambda-x)f(x)dx. \tag{3}$$

Из условия (2), учитывая (1) и (3) и поменяв порядок интегрирования, получим, что K удовлетворяет интегральному уравнению

$$\alpha\int_t^\lambda K(\lambda-x)G(x-t)dx-(\lambda-t)K(\lambda-t),$$

которое заменой переменной сводится к

$$\alpha\int_0^\xi K(\tau_1)G(\xi-\tau_1)d\tau_1=\xi K(\xi). \tag{4}$$

Применяя преобразование Лапласа к (4) и решая полученное дифференциальное уравнение, будем иметь

$$\tilde{K}=e^{-\alpha\int\tilde{G}dp}, \tag{5}$$

где $\tilde{K}$ и $\tilde{G}$ являются преобразованиями Лапласа K и G соответственно. Отсюда ядро K можно найти обратным преобразованием Лапласа.

Будем искать теперь собственный функционал ψ_λ оператора B_α, отвечающий собственному значению λ в виде

$$\psi_\lambda(g)=\int_\lambda^1\overline{S(x-\lambda)}g(x)dx. \tag{6}$$

Поступая, как и выше, получим интегральное уравнение

$$\bar{\alpha}\int_\lambda^t\overline{S(x-\lambda)}\,\overline{G(t-x)}\,dx=(\lambda-t)\overline{S(t-\lambda)}, \tag{7}$$

решение которого (в терминах преобразований Лапласа) имеет вид

$$\tilde{S}=e^{\bar{\alpha}\int\tilde{G}dp}. \tag{8}$$

Выбирая константы, входящие в (5) и (8) неявным образом, как следует, получим $K\tilde{S}=1$ или

$$\int_\lambda^x K(x-t)\overline{S(t-\lambda)}\,dt=\delta(x-\lambda), \tag{9}$$

которое есть условие биортогональности в случае непрерывного спектра. Равенство (9) означает также, что K и $\overline{S}$ являются ядрами взаимно-обратных интегральных преобразований.

Приведенные рассуждения, конечно, носят эвристический характер и нуждаются в обосновании. Мы не будем делать этого в общем случае, заметим лишь, что полное исследование простейшего оператора (с $G(x)\equiv 1$) проводится далее.

Приведем несколько примеров, где ядро K (и S) удается найти в явном виде.

1. Пусть $G(x)\equiv 1$. Тогда $K=p^{-\alpha}$, откуда $K=x^{\alpha-1}/\Gamma(\alpha)$. Обратный оператор задается ядром $S=x^{-\alpha-1}/\Gamma(-\alpha)$.

2. Пусть $G(x)=\cos ax$, тогда $\bar{G}=p/p^2+a^2$, откуда $\bar{K}=(p^2+a^2)^{-\alpha/2}$. Обратное преобразование дает

$$K(x)=\frac{\sqrt{\pi}}{\Gamma(\alpha/2)}\left(\frac{x}{2a}\right)^{\frac{\alpha-1}{2}}J_{\frac{\alpha-1}{2}}(ax),$$

где $J_m(z)$ функция Бесселя первого рода. В частном случае $\alpha=1$ обратный оператор имеет вид

$$(Sf)(x)=\int_0^x \frac{J_1(x-t)}{x-t}f(t)dt+f'(t).$$

3. Пусть $G(x)=ax+b$, тогда $G(p)=\frac{a}{p^2}+\frac{b}{p}$, откуда

$$\bar{K}=p^{-\alpha b}e^{\frac{\alpha a}{p}}$$

Для этой функции оригиналом при $\alpha a<0$ является

$$K(x)=\left(\frac{x}{\alpha a}\right)^{\frac{\alpha b-1}{2}}J_{\alpha b-1}(2\sqrt{\alpha a x}),$$

а при $\alpha a>0$ $K(x)=\left(\frac{x}{\alpha a}\right)^{\frac{\alpha b-1}{2}}I_{\alpha b-1}(2\sqrt{\alpha a x}),$

где $I_m(z)$ функция Бесселя чисто мнимого аргумента.

Приведенные примеры показывают, что соответствующее интегральные преобразование существенным образом зависит от α.

Вернемся теперь к простейшему случаю $(A_\alpha f)(x)=xf(x)+\alpha\int_0^x f(t)dt$.

Этому семейству операторов посвящено довольно большое число работ. Так, например, Л. А. Сахнович доказал, что операторы A_α и A подобны ([4]). впоследствии Калиш доказал, что операторы A_α и $A_{Re\,\alpha}$ подобны в любом пространстве $L^p(0, 1)$ ([5]). В работе автора ([6]) построена модель для оператора A_α.

Обозначим через D_0 пространство всех бесконечно дифференцируемых функций, для которых конечна величина

$$\sup_{t\in]0,1[}|f^{(k)}(t)|\ \text{и}\ \lim_{t\to 0} f^{(k)}(t)=0,\ k\in Z^+.$$

Если выполнено условие $\lim_{t\to 1-0} f^{(k)}(t)=0$, то соответствующее пространство обозначим через D_1. Нетрудно установить, что D_0 инвариантно относительно A_α и D_1 — относительно A_α^*.

Определим функционал φ над D_0 по формуле

$$\varphi(f)=\frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_0^x (x-t)^{\alpha-1}f(t)dt,$$

где интеграл понимается в смысле регуляризованного значения, т. е. при $-n<\mathrm{Re}\,\alpha\leqslant -n+1$, $n\in\mathbf{N}$

$$\varphi(f)=\frac{1}{\Gamma(\alpha+n)}\int_0^x (x-t)^{\alpha+n-1}f^{(n)}(t)dt. \qquad (10)$$

Посчитав $\varphi(A_\alpha f)$, получим $\lambda\varphi(f)$, т. е. φ является собственным функционалом оператора A_α^*. Определим теперь функционал ψ над D_1 по формуле

$$\psi(g)=\frac{1}{\Gamma(-\bar\alpha)}\int_\lambda^1 (x-\lambda)^{-\bar\alpha-1}g(x)dx,\ \text{т. е. при}\ n-1\leqslant\mathrm{Re}\,\alpha<n$$

$$\psi(g)=\frac{(-1)^n}{\Gamma(n-\bar\alpha)}\int_\lambda^1 (x-\lambda)^{-\bar\alpha+n-1}g^{(n)}(x)dx. \qquad (11)$$

Прямые вычисления показывают, что $\psi(A_\alpha^* g)=\lambda\psi(g)$. Отметим, что функционалы φ и ψ порождаются одной и той же обобщенной функцией $(x-\lambda)_+^\beta/\Gamma(\beta+1)$.

Формула (10) определяет оператор дробного интегрирования J^α Римана—Лиувилля порядка α над D_0, а формула (11) — оператор $K^{-\bar\alpha}$ над D_1. Нетрудно установить, что J^α является автоморфизмом пространства D_0, а K^α — пространства D_1. Это обстоятельство позволяет определить операторы J^α и K^α над всем пространством $L^2(0,1)$. Как это делается в теории интегральных преобразований обобщенных функций ([7], с. 93 и [8], с. 130), $J^\alpha f$ есть элемент пространства D_1, равный $(J^\alpha f)(g)=f(K^\alpha g)$. При этом интегральное преобразование J^α переводит оператор A_α в оператор умножения на независимую переменную, а функция f восстанавливается по $J^\alpha f$ по формуле $f=J^{-\alpha}J^\alpha f$. Тем самым задачи спектрального анализа и синтеза полностью решены.

Отметим, что спектральный оператор скалярного типа в гильбертовом пространстве подобен нормальному ([9], с. 40). Недавно В. Ф. Веселов ([10]) показал, что A_α при любом α с $\mathrm{Re}\,\alpha\neq 0$ не подобен самосопряженному. Сейчас мы покажем, что оператор A_α, вообще

говоря, не подобен гипонормальному. Это следует из того факта, что оператор A_{-1} обладает континуальным семейством собственных функций $\Theta(x-t)$, $t\in[0,1]$, где Θ—единичная ступенька Хевисайда. Так как при подобии точечный спектр сохраняется ([11], с. 47), а собственные векторы гипонормального оператора, отвечающие различным собственным значениям, ортогональны ([11], с. 302), предположение о подобии противоречило бы сепарабельности пространства $L^2(0,1)$.

Ереванский политехнический
институт им. К. Маркса

Լ. Զ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

Վերլուծություն ըստ ոչ-ինքնահամալուծ օպերատորի սեփական ֆունկցիոնալների: Լուսաբանող օրինակ

Հիլբերտյան H տարածության որոշակի դասի A օպերատորների համար ցույց է տրվել, որ ինտեգրալ օպերատորը, որի կորիզը A^* օպերատորի սեփական ֆունկցիոնալն է, A օպերատորը բերում է անկախ փոփոխականով բազմապատկման օպերատորի, իսկ H-ի ցանկացած տարր իր ինտեգրալային տեղափոխության միջոցով արտահայտվում է մեկ այլ ինտեգրալային օպերատորով, որի կորիզը A-ի սեփական ֆունկցիոնալն է։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *И. М. Глазман, Ю. И. Любич*, Конечномерный линейный анализ, Наука, М., 1969. [2] *Н. К. Никольский*, Лекции об операторе сдвига, Наука, М., 1980. [3] *Ю. М. Березанский*, Разложение по собственным функциям самосопряженных операторов, Наукова думка, Киев, 1965. [4] *Л. А. Сахнович*, Мат. сб., т. 44, с. 180—186 (1958) [5] *G. K. Kalish*, Colloq. Math Janos Bolai, 5, Hilbert space operators and operator algebras, Tihany (Hungary), 1970, North Holland Publ. Co Amsterdam—London, 1972. [6] *Л. З. Геворкян*, Изв АН АрмССР. Математика, т. 16, с. 274—284 (1981). [7] *Ю. А. Брычков, А. П. Прудников*, Интегральные преобразования обобщенных функций, Наука, М., 1977. [8] *С. Г. Самко, А. А. Килбас, О. И. Маричев*, Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения, Наука и техника, Минск, 1987. [9] *Н. Данфорд, Дж. Т. Шварц*, Линейные операторы, т. 3, Мир, М., 1974. [10] *В. Ф. Веселов*, Вестник ЛГУ, № 22, с. 91—94, 1985. [11] *П. Халмош*, Гильбертово пространство в задачах, Мир, М., 1970.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Том 89 1989 №1

УДК 621.3.019.3

КИБЕРНЕТИКА

Ю. М. Гаспарян

Метод анализа дерева отказов

(Представлено академиком АН Армянской ССР Р. В. Атояном 27/II 1988)

В последнее время при анализе надежности сложных технических систем широко используется модель функционирования системы в виде дерева отказов (ДО). Существует множество методов анализа ДО как с монотонной, так и с немонотонной структурой ([1, 2]). Эти методы, как правило, содержат следующие этапы: определение множества минимальных сечений или простых имплликант; получение минимальных форм структурной функции надежности реализуемой ДО и приведение ее к форме замещения ([3]), определение нормы структурной функции надежности, что представляет собой вероятность появления главного события.

Первые два этапа имеют высокий уровень сложности вычислений, что является основным ограничивающим фактором их использования для анализа ДО с большой размерностью.

Предлагаемый в работе метод существенно отличается от существующих отсутствием первых двух этапов анализа ДО и основывается на разбиении первоначального ДО на множество легкоанализируемых поддерев ДО, что существенно повышает его эффективность. Достоинством метода является и простота его автоматизации.

Заметим, что в работе рассматривается анализ ДО с монотонной структурой (т. е. ДО состоит только из элементов «И» и «ИЛИ»). Однако метод легко распространяется и на ДО с немонотонной структурой, если предварительно произвести следующие преобразования в ДО. Все элементы ДО, отличающиеся от «И» и «ИЛИ», заменяются схемами, состоящими только из элементов «И», «ИЛИ» и «НЕ». Затем все элементы типа «НЕ» перемещаются в ДО до уровня первичных событий (входов ДО). Правила этих преобразований рассмотрены в ([2])

Описание метода. До назовем простым (ПДО), если оно не содержит точки ветвления (метки), т. е. выход каждого элемента ДО используется не более одного раза (к нему подсоединено не более одного входа, не более одного элемента схемы). ДО, состоящие лишь из одного элемента «И» или «ИЛИ», назовем элементарными (ЭДО). Поддерево ДО с выходом y_j назовем максимальным (МПДО), если любой его выход одновременно является и входом схемы ([1]).

Обозначим через S и x_i, $i=\overline{1, n}$, выход (главное событие) ДО и i-ый вход ДО соответственно. Причем

$$S=\begin{cases}1, \text{ если главное событие осуществилось;}\\ 0, \text{ в противном случае.}\end{cases}$$

и $x_i=\begin{cases}1, \text{ если } i\text{-е первичное событие осуществилось;}\\ 0, \text{ в противном случае.}\end{cases}$

Через $\|A\|$ обозначим вероятность события $A=1$. Предполагается, что входы ДО статистически независимы.

Тогда анализ ДО сводится к вычислению $\|S\|$, при известных значениях $\|x_i\|$, $i=\overline{1, n}$.

Приведем содержательное описание метода анализа ДО. Рассмотрим три случая.

1. ДО является элементарным, т. е. ДО состоит из одного элемента типа «И» или «ИЛИ». Известно, что в этом случае

$$\|S\|=\prod_{i=1}^{n}\|x_i\|, \tag{1}$$

$$\|S\|=1-\prod_{i=1}^{n}(1-\|x_i\|) \tag{2}$$

соответственно.

2. ДО являет[illegible]остым.

Анализ ПДО осуществляется многократным использованием процедуры замены на каждом шагу всех элементарных МПДО в новые входы ДО, которым приписываются вероятности, значения которых вычисляются согласно формулам (1) и (2). Заметим, что количество вычислений с использованием формул (1) или (2) равно количеству элементов ПДО.

3. ДО содержит метки (общий случай).

Метод анализа ДО с метками основывается на многоступенчатой декомпозиции ДО, в результате чего анализ первоначального ДО сводится к анализу множества ПДО.

Для этого сначала определяется множество всех максимальных ПДО, которые с использованием метода, описанного в п. 2, заменяются на новые входы ДО. Затем определяется множество входов ДО, непосредственно связанных с метками (обозначим это множество через $\bar{x}^1=(x^1_{i_1}, \ldots, x^1_{i_k})$). Генерируем 2^k новых ДО следующим образом. Входам $x^1_{i_1}, \ldots, x^1_{i_k}$ приписываем всевозможные двоичные наборы $(\alpha_1, \ldots, \alpha_k)$, где $\alpha_i\in\{0, 1\}$, $i=\overline{1, k}$, и осуществляем преобразования в каждой ДО, используя известные правила из алгебры логики:

$$x_1\& \ldots \&x_n\&1=x_1\& \ldots \&x_n,$$

$$x_1\& \ldots \&x_n\&0=0;$$

$$x_1\vee \ldots \vee x_n\vee 0=x_1\vee \ldots \vee x_n; \tag{3}$$

$$x_1\vee \ldots \vee x_n\vee 1=1.$$

Обозначим через $S^{\alpha_1, \ldots, \alpha_k}_{i_1, \ldots, i_k}(\bar{x})$ ДО, полученное из ДО S после замены его входов $x_{i_1}, \ldots, x_{i_k}$ двоичным набором $(\alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ и применения преобразований (3). Тогда можно написать

$$\|S\| = \sum_{(\alpha_1,\ldots,\alpha_k)} \|x_{i_1}^{\alpha_1}\| \ldots \|x_{i_k}^{\alpha_k}\| \|S_{i_1,\ldots,i_k}^{\alpha_1,\ldots,\alpha_k}(\tilde{x})\|, \quad (4)$$

где $$\|x_j^{\alpha_j}\| = \begin{cases} \|x_j\|, \text{ если } \alpha_j = 1; \\ 1 - \|x_j\|, \text{ если } \alpha_j = 0. \end{cases}$$

В (4) $S_{i_1,\ldots,i_k}^{\alpha_1,\ldots,\alpha_k}(\tilde{x})$ может быть равным 1, 0 или x_i или же представлять собой некоторую упрощенную ДО. В последнем случае снова применяются вышеизложенные преобразования.

Алгоритм анализа ДО заканчивается, если в результате многократного использования указанных преобразований получаются ДО в виде Const 1, Const 0 или же в виде переменного.

Таким образом в рассмотренном методе анализа ДО используется только процедура анализа ПДО, что существенно уменьшает объем вычислений. Кроме того заметим, что объем вычислений зависит от количества простых ПДО, которые встречаются при анализе ДО, а это в свою очередь зависит от количества и распределения в ДО точек ветвления. Существенный выигрыш в объеме вычислений по отношению к существующим методам получается за счет того, что в рассматриваемом методе отсутствуют трудоемкие процедуры получения булевой функции, реализуемой ДО, и вычисление ее нормы.

В заключение отметим, что написаны машинные программы на языке ФОРТРАН—IV, использование которых при решении множества практических задач подтвердило эффективность рассмотренного метода анализа ДО.

Ереванский политехнический
институт им. К. Маркса

ЗОЯ. М. ГАСПАРЯН

Անսարքությունների ծառի անալիզի մեթոդ

Աշխատանքում դիտարկվում է մոնոտոն կառուցվածքով անսարքությունների ծառի անալիզի էֆեկտիվ մեթոդ, որի հիմքում ընկած է ուսումնասիրվող ծառի բազմաստիճանային տրոհումը պարզ կառուցվածք ունեցող ծառերի։

Դիտարկվող մեթոդի էֆեկտիվությունը բացատրվում է նաև նրանով, որ այստեղ բացակայում են հաշվարկային մեծ ծավալ պահանջող այնպիսի պրոցեդուրներ, ինչպիսիք են՝ անսարքության ծառի կողմից իրականացվող բուլյան ֆունկցիայի մինիմալ տեսքի փնտրումը և այդ ֆունկցիայի նորմայի հաշվարկը։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *R. C. Bennetts*, IEEE Trans. Reliability, v. R—24, № 3, p. 175—185 (1975). [2] *H. Kumamoto, E. J. Henley*, IEEE Trans. Reliability, v. R—27, № 4, p. 242—249 (1978). [3] *И. А. Рябинин, Г. Н. Черкесов*, Логико-вероятностные методы исследования структурно-сложных сис ем, Радио и связь. М. 1981. [4] *Ш. Е Бозоян*, Алгебраическое описание дискретных схем и его применение до автоматизации проектирования ЭВМ, Отчет о НИР Ереванского политехн. ин-та, б. 9, 1985.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 №1

УДК 550.348

ГЕОФИЗИКА

Г. М. Авчян, А. О. Микаелян

О конфигурации линеаментов и связи ее с сейсмичностью

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Т. Асланяном 6/III 1989)

В настоящей работе рассматриваются вопросы приуроченности повышенной сейсмичности к сейсмоактивным узлам, а также взаимосвязи между конфигурацией пересекающихся сейсмоактивных линеаментов (СЛ) (их количество, величины углов пересечений и т. д.) и интенсивностью сейсмичности по территории Большого Кавказа и Армянского нагорья ([1, 2]).

Совместное изучение характера конфигурации СЛ и распределения сейсмичности показывает, что магнитуда и частота сейсмических событий непосредственно связаны с уровнем раздробленности литосферы, а большинство эпицентров сильных землетрясений располагается в узлах (Ерзинский, Ванский и др.), где пересекаются несколько СЛ под острыми углами (15—40°). Это позволяет предположить наличие определенной связи между величиной угла, образованного при пересечении СЛ, и интенсивностью сейсмичности. Для объяснения этого рассмотрим механизм сейсмического поведения пересекающихся разрывных нарушений с позиции физики горных пород, поскольку основные принципы развития деформации и реализации разрушения горного материала, в основном, идентичны на различных структурных уровнях, в том числе и на региональном ([3]).

Известно, что макроразрушение является следствием воздействия девиаторных полей напряжений в горной среде с определенной конфигурацией дефектов (трещин, разрывов и т. д.). При наличии единичной трещины или системы трещиноватости (эшелона чередующихся трещин в определенном направлении) величина порогового напряжения, необходимая для образования новой поверхности разрыва, зависит от величины и направления сжимающих усилий, величины дефектов, плотности поверхностной энергии, упругих модулей и сжимаемости скелета ($\beta_{ск}$) среды и других факторов ([3]). Согласно ([4])

$$\beta_{ск} = \beta_{тв} + k_{тр_i} \cdot \beta_{тр_i} \cdot a_i, \qquad (1)$$

где $\beta_{тв}$, $\beta_{тр_i}$—соответственно значения сжимаемости твердой фазы породы и трещины; $k_{тр_i}$—интенсивность (густота) объемной или линейной трещиноватости; a_i—параметр, характеризующий степень влияния определенной трещины или системы трещиноватости на сжимаемость скелета породы в заданном направлении (с учетом взаимной ориентации направления профиля наблюдения по отношению к данной системе трещиноватости)

$$a_i = -\sin\varphi_{пр} \cdot \cos j_i + \cos\varphi_{пр} \cdot \sin j_i \cdot \cos(D_{пр} - D_i) \qquad (2)$$

где $\varphi_{пр}$, $D_{пр}$—параметры, характеризующие направления профиля наблюдения; j_i—угол паден я плоскости трещины для данной системы трещиноватости; D_i—азимут падения.

Для определения $\beta_{сж}$ воспользуемся уравнением скорости P-волн в среде с несколькими системами трещиноватости, имеющими различные направления ([2]):

$$v_p = v_0 \left\{ -(n-1) + \sum_{i=1}^{n} \left[1 + (\mu^2 - 1) a_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{-1}, \qquad (3)$$

где v_0—скорость P—волны в однородной бездефектной среде; μ—коэффициент анизотропии; n—число систем трещиноватости.

Уравнение (3) получено на основе интегрирования задержек, связанных с происхождением упругих волн через дефектные зоны. Путем совместного анализа уравнений (3) и (118) из работы ([4]), где величина v_p представлена в виде функции от объемной сжимаемости поровотрещинной среды, было получено следующее выражение:

$$A \cdot \sum_{i=1}^{n} k_{тр_i} \cdot a_i = \left[-(n-1) + \sum_{i=1}^{n} (1 + A a_i^2)^{\frac{1}{2}} \right]^2 - 1. \qquad (4)$$

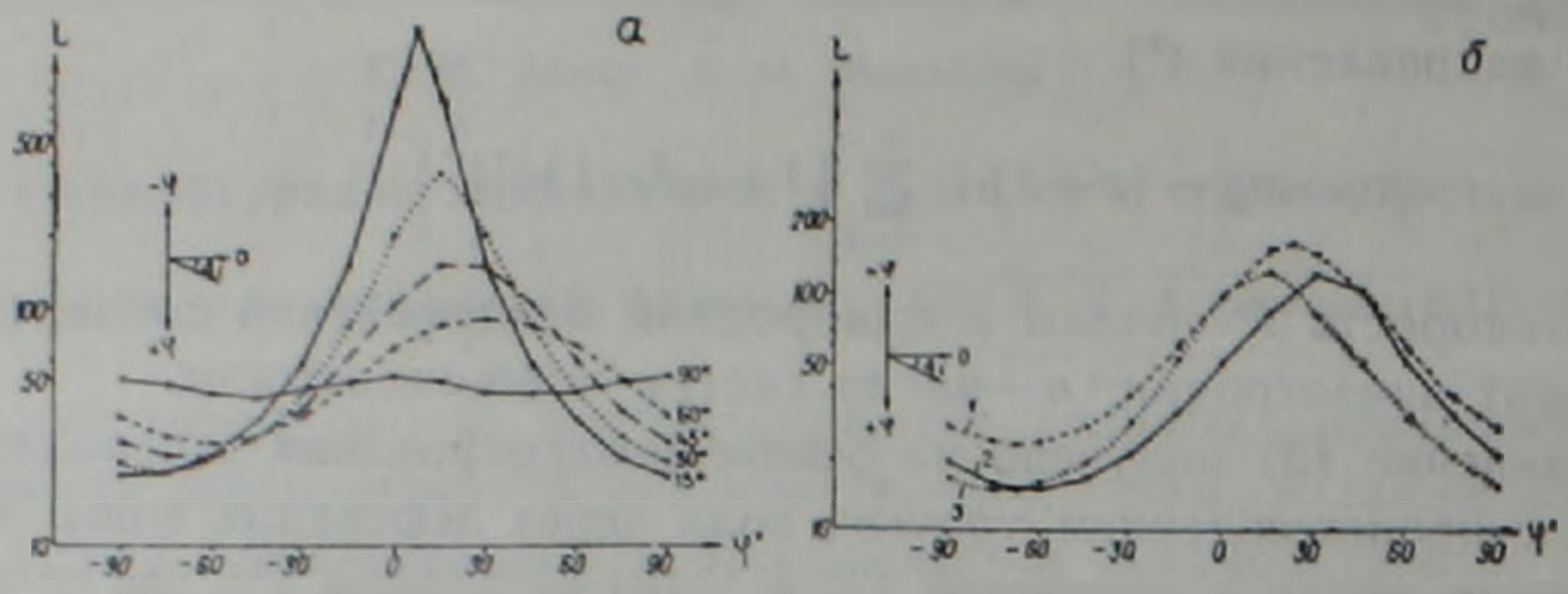
При этом $A = \dfrac{\beta_{тр\ max}}{\beta_{тв} + \beta_{гр} \cdot k_{гр}}$; $\sum_{i=1}^{n} k_{тр_i} x_i = L^{-1}$, где L—параметр, характеризующий возможность концентрации напряжений в направлении $\varphi_{пр}$ и $D_{пр}$ (параметр накопления напряжений); $k_{гр}$, $\beta_{гр}$—соответственно, коэффициент пористости и объемная сжимаемость гранулярных пустот; A—параметр дефектности (величина, характеризующая степень растрескан ности данной среды).

Анализ полученных выражений показывает, что при наличии нескольких пересекающихся систем трещиноватости район их пересечения в интервале острых углов вследствие своей жесткости является концентратором напряжений и энергетически выгодным местом для развития неупругих деформаций и образования новых разрывов.

В интервале углов $\Delta j > 90°$ наблюдаются более высокие значения объемной сжимаемости среды, что приводит к растяжению и более низким концентрациям напряжений в зоне пересечения. При этом величины этих напряжений зависят от числа пересекающихся систем трещиноватости n, их интенсивности ($k_{тр_i}$) и значений углов между ними ($j_1 - j_2 = \Delta j$). На рисунке, *а* приведены расчетные кривые зависимости параметра L от φ для двух пересекающихся трещин при различных углах $\Delta j = j_1 - j_2$ между ними: 15, 30, 45, 60, 75, 90°. Из рисунка видно, что наиболее низкие значения $\beta_{тр}$ наблюдаются при малых углах. При угле пересечения 90° величина $\beta_{тр_i}$ значительно выше и практически мало зависит от направления внешнего усилия.

Наличие сложных полей напряжений в системах трещиноватости, пересекающихся под острыми углами, создает условия для их энергетического взаимодействия как в зоне пересечения, так и вдоль своих профилей. При наличии достаточной квазипараллельности и относительной близости двух соседних систем трещиноватости может иметь

место их частичное или полное слияние и образование макроструктур более высокого порядка. При значительной разности интенсивности объемной или линейной трещиноватости $k_{тр}$ рассматриваемых систем зона пониженных значений $\beta_{тр}$ больше будет примыкать к системе с большей $k_{тр}$ (рисунок, *б*).



Зависимость параметра интенсивности напряжения L от направления профиля наблюдения (при $D_{пр}=0$): *а*—при различных углах систем трещиноватости, цифр кривых Δj в градусах ($k_{тр_i}=k_{тр_j}=0{,}02$): *б*—при различных значениях интенсивности $k_{тр}$ ($\Delta j=45°$): *1* - $k_{тр_i}=k_{тр_j}=0{,}02$; *2*—$k_{тр_i}=0{,}02$, $k_{тр_j}=0{,}04$; *3*—$k_{тр_i}=0{,}04$, $k_{тр_j}=0{,}02$

Поскольку сейсмоактивные линеаменты идентифицируют крупные системы трещиноватости, характеризующиеся сейсмичностью вдоль своих профилей и повышенной сейсмичностью в зоне пересечения, то можно предположить, что на территории Большого Кавказа и Армянского нагорья зоны крупных узлов, где линеаменты пересекаются под острыми углами, являются главными концентраторами напряжений и, соответственно, энергетически выгодными местами для реализации сильных землетрясений.

Таким образом, в сейсмоактивных узлах пересечений СЛ концентрации напряжений и объемной сжимаемости зависят от количества СЛ, величины углов между ними и интенсивности объемной или линейной трещиноватости каждой системы. Высокая сейсмическая активность в зонах сейсмоактивных узлов связана с концентрацией там напряжений и процессами взаимодействия и частичного слияния близкорасположенных квазипараллельных СЛ и образования структур более высокого порядка.

Ереванский государственный университет
Институт геологических наук Академии наук Армянской ССР

Հ. Ի. ԱՎԶՅԱՆ, Ա. Հ. ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ

Լինեամենտների կոնֆիգուրացիան և նրանց կապը սեյսմիկ երևույթների հետ

Հոդվածում ուսումնասիրվում է լինեամենտների հատման շրջանում երկրաշարժերի ինտենսիվության մակարդակը։ Այդ հարցը լուսաբանվում է ճեղքերի կոնֆիգուրացիայի հիման վրա, որոնք առաջանում են լեռնային ապար-

ներում բարձր ճնշման աղղեցության տակ։ Արդյունքները ցույց են տալիս, որ կոնցենտրացիան կախված է նրանց քանակից և նրանց միջև եղած անկյունների չափից։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *В. Н. Аверьянова*, в кн.: Геология и катастрофические природные явления, Наука, М., с. 86—89, 1980. [2] *А. С. Караханян, А. О. Микаелян*, Исследования Земли из космоса, № 1, с. 32—36, 1982. [3] *В. Н. Мячкин*, Процессы подготовки землетрясений, Наука, М., 1975. [4] *Г. М. Авчян, А. А. Матвеенко, Э. Б. Стефанкевич*, Петрофизика осадочных пород в глубинных условиях, Недра, М., 1975.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 № 1

УДК 550.4

ГЕОХИМИЯ

М. С. Акопян, Р. Л. Мелконян О. Г. Маданян,
Р. Н. Таян, Г. Г. Искандарян

Новые данные о генезисе Каджаранского медно-молибденового месторождения

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. В. Григоряном 9/IV 1988)

Вопросы генезиса Каджаранского месторождения рассмотрены, с различной степенью детальности, в работах многих исследователей. Целью настоящей работы являлось получение информации о формировании месторождения на качественно новом—изотопном уровне, исходя из истории эволюции основного компонента рудообразующих растворов—воды. Изотопные составы кислорода воды рассчитаны по экспериментально установленной зависимости фракционирования от температуры ([1]), на основе изотопного состава кварца различных стадий минерализации и температур их кристаллизации. Последние определены методом гомогенизации газово-жидких включений. Полученные данные приведены в таблице в порядке понижения температур, соответствующих в общем последовательности образования минеральных ассоциаций. Значения $\delta^{18}O$ (‰) приведены относительно стандарта SMOW. Погрешность анализа $\pm 0{,}2$.

На Каджаранском месторождении различными авторами выделяется от 10 до 12 стадий минерализации. Нами исследованы кварцы из основных стадий: кварц-магнетитовой, кварц-полевошпатовой, кварц-молибденитовой, кварц-молибденит-халькопиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-сфалерит-галенитовой, кварц-пиритовой (таблица).

Закономерное понижение значений $\delta^{18}O$ воды, по мере понижения температуры, свидетельствует о едином и непрерывном процессе рудообразования. Изотопный состав гидротермального кварца зависит от температуры и изотопного состава кислорода воды растворов. Наблюдаемая тенденция изменения указанных факторов обусловливает изотопные эффекты противоположного характера. Этим обстоятельством объясняется узкий диапазон вариаций изотопного состава кислорода кварцев, которые по величине $\delta^{18}O$ могут быть подразделены на две группы: ~ 10 и $\sim 7 \div 8$‰. Граница между ними определяется по более значительному, чем в остальных случаях, понижению $\delta^{18}O$ воды (обр. 30/70 и 17/63).

Снижение температуры рудообразующих растворов можно объяснить двумя механизмами—понижением температуры магматического тела, контролирующего гидротермальный процесс, и смешением с водами поверхностного происхождения. Этими же механизмами ограничивается и возможное объяснение понижения $\delta^{18}O$ растворов. На Кад-

жаранском месторождении действовали оба механизма. Изотопный состав кислорода породы, равновесной с исходными рудоносными растворами, согласно расчетам, равен ~9‰, что свидетельствует о генетической связи оруденения с расплавом гранитного или гранодиоритового состава. В этой связи отметим, что изотопный состав кислорода среднезернистого гранодиорита из миоценового комплекса Мегринского плутона ($\delta^{18}O = 9{,}0‰$) свидетельствует в пользу генетической связи месторождения с этим комплексом.

Поступление рудоносных растворов в монцониты ($\delta^{18}O = 6{,}5‰$), т. е. в породы, отличающиеся от источника растворов химическим и изотопным составами, в результате стремления к равновесию с новой средой, должно сопровождаться определенными изменениями как в химическом, так и в изотопном составах. Изменение химического состава нашло свое отражение в гидротермальном преобразовании монцонитов и с смене минеральных ассоциаций, а изотопного состава—в изменении изотопного состава кислорода воды растворов и отложившихся из них кислородсодержащих минералов. Исходя из значений $\delta^{18}O$ воды кварц-магнетитовой стадии и гранодиорита, можно считать, что при отложении этой минеральной ассоциации изменения в составе растворов были незначительны, хотя они и были достаточны для отложения магнетита. Процессы взаимодействия растворов с монцонитами усиливаются на кварц-полевошпатовой стадии и

Изотопно-кислородный состав кварца, воды и температуры гомогенизации газово-жидких включений

Номер образца	Стадия минерализации	$\delta^{18}O$, ‰ кварц	$t_{гом}$, °С	$\delta^{18}O$, ‰ вода
4/85	Кварц-магнетитовая	10.2	530	8.1
2/85	Кварц-полевошпатовая	10.0	460	7.1
24/70	Кварц-молибденитовая	10.1	430	6.7
14/70	—"—	9.5	410	6.0
1/75	—"—	9.7	420	6.1
32/70	—"—	9.8	400	5.7
23/70	—"—	9.8	400	5.7
27/70	—"—	9.7	400	5.6
12/64	—"—	9.7	400	5.6
33/70	Кварц-молибденит-халькопиритовая	9.6	375	5.0
28/70	Кварц-халькопиритовая	9.9	370	5.1
244	Кварц-молибденитовая	9.8	350	5.0
30/70	—"—	9.9	350	4.6
17/63	Кварц-сфалерит-галенитовая	7.3	290	0
13/63	Кварц-пиритовая	8.1	260	−0.4
39/70	—"—	7.5	260	−0.6
3/70	Кварц-сфалерит-галенитовая	6.7	250	−2.3
4/70	Кварц пиритовая	7.0	235	−2.7

в самом начале кварц-молибденитовой (обр. 21/70), что приводит к значительным изменениям изотопного и химического составов растворов и возникновению необходимых условий для отложения молибденита. В дальнейшем этот процесс стабилизируется, но в то же время вступает в действие другой механизм изменения химизма и $\delta^{18}O$ воды—смешение растворов с метеорными водами. Наиболее важным с точки зрения изменения химизма растворов является привнос метеорными водами свободного атмосферного кислорода, результат которого становится заметным с кварц-молибденит-халькопиритовой стадии.

Механизм образования пирита и халькопирита из комплексов Fe^{2+} и Cu^{+} включает реакции окисления-восстановления с участием H_2S и SO_4^{2-} [2]. При этом для образования пирита требуется в два раза больше сульфат-иона, чем для халькопирита. Таким образом, увеличение количества метеорных вод сопровождается повышением фугитивности кислорода, что приводит к окислению глубинной сульфидной серы до сульфатного состояния и созданию условий для отложения халькопирита, а затем и пирита. Процесс окисления сульфидной серы завершается отложением сульфатных минералов—ангидрит-гипсовая стадия.

Анализ данных показывает, что резкое уменьшение значения $\delta^{18}O$ воды на границе кварцев двух групп обусловлено прекращением поступления в гидротермальную систему магматогенных растворов, что связывается нами с завершением кристаллизации источника этих растворов. При этом, разумеется, прекращается привнос в гидротермальную систему металлов и серы и значительно повышается роль метеорной воды, поскольку поступление последней продолжается. Продолжается также функционирование гидротермальной системы, которое постепенно, по мере охлаждения интрузива, затухает. После завершения кристаллизации интрузива происходит истощение гидротермальных растворов главными рудообразующими элементами—медью и молибденом, сопровождающееся увеличением роли ранее второстепенных металлов—свинца и цинка, что приводит к смене минеральной ассоциации (кварц-сфалерит-галенитовая стадия). Переход от кварц-сфалерит-галенитовой стадии к кварц-пиритовой обусловлен истощением растворов свинцом и цинком и значительным увеличением окислительного потенциала растворов, в результате увеличения в их составе количества метеорных вод.

Анализ полученных данных позволяет также наметить нижеследующую схему эволюции гидротермальной системы. На кварц-магнетитовой и кварц-полевошпатовой стадиях действовала гидротермальная система направленно движущихся растворов, а начиная с кварц-сфалерит-галенитовой стадии и вплоть до прекращения гидротермальной деятельности—конвективно циркулирующая система. На средних стадиях рудоотложения действовали оба типа. Дифференцирование исходной гидротермальной системы начинается с кварц-молибденитовой стадии, но наиболее отчетливо оно проявляется при отложении халькопирита. Существование дифференцированной гидротермальной системы предполагает одновременное отложение на разных участках месторождения различных минеральных ассоциаций, чем и объясняется некоторое расхождение между последовательностью отложения минеральных ассоциаций и температурами.

Результаты проведенных исследований одновременно подтверждают вывод о существенных отличиях условий формирования Техутского и Каджаранского месторождений ([3] [5] и др.), обусловленных принципиальными различиями в геодинамических режимах их становления—соответственно островодужном и коллизионном.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Մ. Ս. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ա. Լ. ՄԱԼՔՈՆՅԱՆ, Օ. Գ. ՄԱՂԱՆՑՅԱՆ,
Ա. Ն. ՅԱՅԱՆ, Գ. Գ. ԻՍԿԱՆԴԱՐՅԱՆ

Նոր տվյալներ Քաջարանի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի առաջացման վերաբերյալ

Քաջարանի հանքավայրի ծագման հարցերը քննարկված են հանքառաջացնող լուծույթների հիմնական տարրի՝ ջրի թթվածնի իզոտոպային կազմի և հանքառաջացման ընթացքում վերջինիս կրած փոփոխությունների հիման վրա (աղյուսակ)։ Պարզված է, որ հանքարեր լուծույթները ծագումով կապված են գրանիտային կամ գրանոդիորիտային կազմի հալոցքի հետ, որը թթվածնի իզոտոպային կազմով համապատասխանում է հանրավայրի արևմտյան մասում գտնվող նույն կազմի ինտրուզիվ մարմնի ապարներին։ Հանքառաջացումը տեղի է ունեցել ստանց ընդմիջումների։ Հանքանյութի միներալային կազմի փոփոխությունները պայմանավորված են հանքառաջացնող լուծույթների քիմիական կազմի փոփոխություններով, որոնք տեղի են ունեցել հանքարեր լուծույթների և մոնցոնիտների փոխազդեցության, հանքառաջացման և հանքարեր լուծույթների հետ մթնոլորտային ծագման ջրերի խառնվելու հետևանքով։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *R. N. Clayton, J. R. O'Neil, T. K. Mayeda*, J. Geophys. Res., v. 77, № 17 (1972). [2] *Х. Омото, Р. О. Рай*, в кн.: Геохимия гидротермальных рудных месторождений, Мир., М. 1982. [3] Магматические и метаморфические формации Армянской ССР, Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1976. [4] *М. С. Акопян, Р. Л. Мелконян, В. О. Пароникян*, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 35, №6 (1982). [5] *M. S. Akopyan, R. L. Melkonyan, V. O. Paronikian*, Proceedings of the Sixth Quadrennial IAGOD Symposium Stuttgart, Germany, 1984.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 №1

УДК 577.1

БИОХИМИЯ

Р. А. Захарян, А. С. Сафарян, Н. Т. Гаспарян

К механизму стимуляции процесса ДНК-опосредованной трансформации клеток Hela Na-бутиратом и дб-цАМФ

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР К. Г. Карагезяном 12/I 1989)

Трансформация клеток млекопитающих путем введения чужеродной ДНК, индивидуальных генов сопровождается интеграцией вводимого гена в геном клетки, его экспрессией, стабильно и наследуемо сохраняемым изменением в фенотипе реципиентных клеток ([1, 2]). Вместе с тем частота стабильной трансформации, выявляемая в условиях селективного отбора, обычно низкая и механизмы, способствующие интеграции внеклеточной ДНК в геном реципиентной клетки, мало изучены.

Ранее нами было показано, что повышение эффективности трансформации клеток Hela ДНК, pSV 2 neo Na-бутиратом, дибутирил-цАМФ (дб-цАМФ), диметилсульфоксидом (ДМСО), двунитевой РНК коррелирует со структурными изменениями, индуцированными этими соединениями в хроматине: увеличение доли активного деконденсированного хроматина, относительно большая доступность хроматина к ДНКазе I, микрококковой нуклеазе, Ca/Mg-зависимой эндонуклеазе. Было установлено, что индуцированные разрывы ДНК клеток Hela локализованы в участках, обогащенных повторяющимися последовательностями, что и, по-видимому, предопределяет интеграцию трансформирующего гена в зоны ДНК, представленные повторами ([3]).

В данном сообщении приведены результаты изучения функционального состояния хроматина и интегрированного гена «neo» в клетках стабильных трансформантов клеток Hela, полученных трансформацией ДНК pSV2 neo в присутствии Na-бутирата, дибутирил цАМФ (8-бром-цАМФ) в условиях селективного отбора (антибиотик g—418) к 18—20 ч культивирования.

Учитывая, что активные гены проявляют предпочтительную чувствительность к нуклеолитическому воздействию ДНКазы I, равно как и к микрококковой нуклеазе ([4]), мы исследовали расщепление этими нуклеазами хроматина трансформантов Hela neo$^+$.

Ядра, выделенные из клеток Hela, суспендировали в растворе 3мМ $MgCl_2$, 1мМ $CaCl_2$, 10мМ NaCl, 10мМ трис-HCl pH 7,4 из расчета 1мг ДНК/мл и обрабатывали ДНКазой 10ед/мл 5 мин 37°С.

Реакцию останавливали добавлением к инкубационной среде 10 мМ ЭДТА, 0,1%-ного додецилсульфата натрия и 0,5 М NaCl. Далее реакционную смесь инкубировали 3 ч при 37°С с протеазой «К» 100 мкг/мл; ДНК экстрагировали один раз 1,5 объема смеси фенол-хлороформ-изоамиловый спирт (50:24:1) и один раз 1,5 объема смеси хло-

роформизоамиловый спирт (24:1). Экстрагированную ДНК осаждали 2 объемами абсолютного спирта при 20°С. Осадок ДНК растворили в 1 мМ ЭДТА, 10 мМ трис-HCl pH 8.0 в концентрации 1 мг/мл. Электрофорез экстрагированной ДНК (30 мкг) проводили в 1%-ном агарозном геле. ДНК в геле окрашивали этидиум-бромидом, визуализацию ДНК проводили на UV-иллюминаторе (ФРГ).

Как Na-бутират, дб-цАМФ существенно увеличивали долю хроматина клеток Hela, гидролизуемой ДНКазой I. У всех же полученных на 18-й день культивирования трансформантов Hela-neo^r устойчивость хроматина к ДНКазе I восстанавливалась. Выявленные изменения в структуре хроматина указывают на то, что использованные стимуляторы процесса трансформации в период трансформации клеток Hela существенно увеличивали долю деконденсированного хроматина, гиперчувствительной к ДНКазе I. Вместе с тем это состояние хроматина оказалось преходящим, и у трансформантов Hela-neo^r устойчивость хроматина к ДНКазе I вновь восстанавливалась.

Для выяснения характера структурной организации интегрированного в хромосому гена «neo» в трансформантах Hela-neo^r мы изучили доступность интегрированных копий гена «neo» к солюбилизации при расщеплении хроматина микрококковой нуклеазой.

Ядра в концентрации 75 A_{260}/мл гидролизовали микрококковой нуклеазой 1 ед на 50 мкг ДНК в течение 5 мин в буфере, содержащем 0,25 М сахарозы, 50 мМ KCl, 15мМ NaCl, 3 мМ $MgCl_2$, 1 мМ $CaCl_2$, 15 мМ морфолинсульфоновой кислоты, 0,1 мМ фенилсульфонилфторида, pH 6,6. Реакцию останавливали добавлением ЕГТА до конечной концентрации 10 мМ. Глубину гидролиза хроматина контролировали по степени высвобождения кислоторастворимых олигонуклеотидов в пределах 1—1,5%. Одновременно гидролизованный хроматин фракционировали на растворимую и нерастворимую фракции (осадок), получаемые после центрифугирования обработанного хроматина при 9000 × g 5 мин. Во всех используемых буферах присутствовал 5 мМ Na-бутират.

Экстрагированная ДНК была фракционирована электрофорезом в ПААГ и продукты гидролиза изучали методом гибридизации по Саутэрну ([5]).

Как видно из рис. 1, при расщеплении хроматина трансформантов Hela neo^r микрококковой нуклеазой ген «neo» выявлялся как в супернатанте (С-фракция), так и в нерастворимой фракции (О-фракция) хроматина, что указывает на частичную солюбилизацию гена «neo» из хроматина. Это позволяет заключить, что не все интегрированные копии гена «neo» функционально активны.

В следующей серии экспериментов мы культивировали трансформанты Hela neo^r-бутират (полученные в присутствии бутирата) в течение 18 ч в питательной среде, содержащей Na-бутират, и соответственно трансформанты Hela neo^r-цАМФ культивировали в питательной среде, содержащей дибутирил—цАМФ. Далее из клеток выделяли хроматин, обрабатывали микрококковой нуклеазой и продукты гидролиза изучали методом гибридизации по Саутэрну на содержание гена «neo». Как видно из рис. 2, для всех изученных трансформантов Hela-

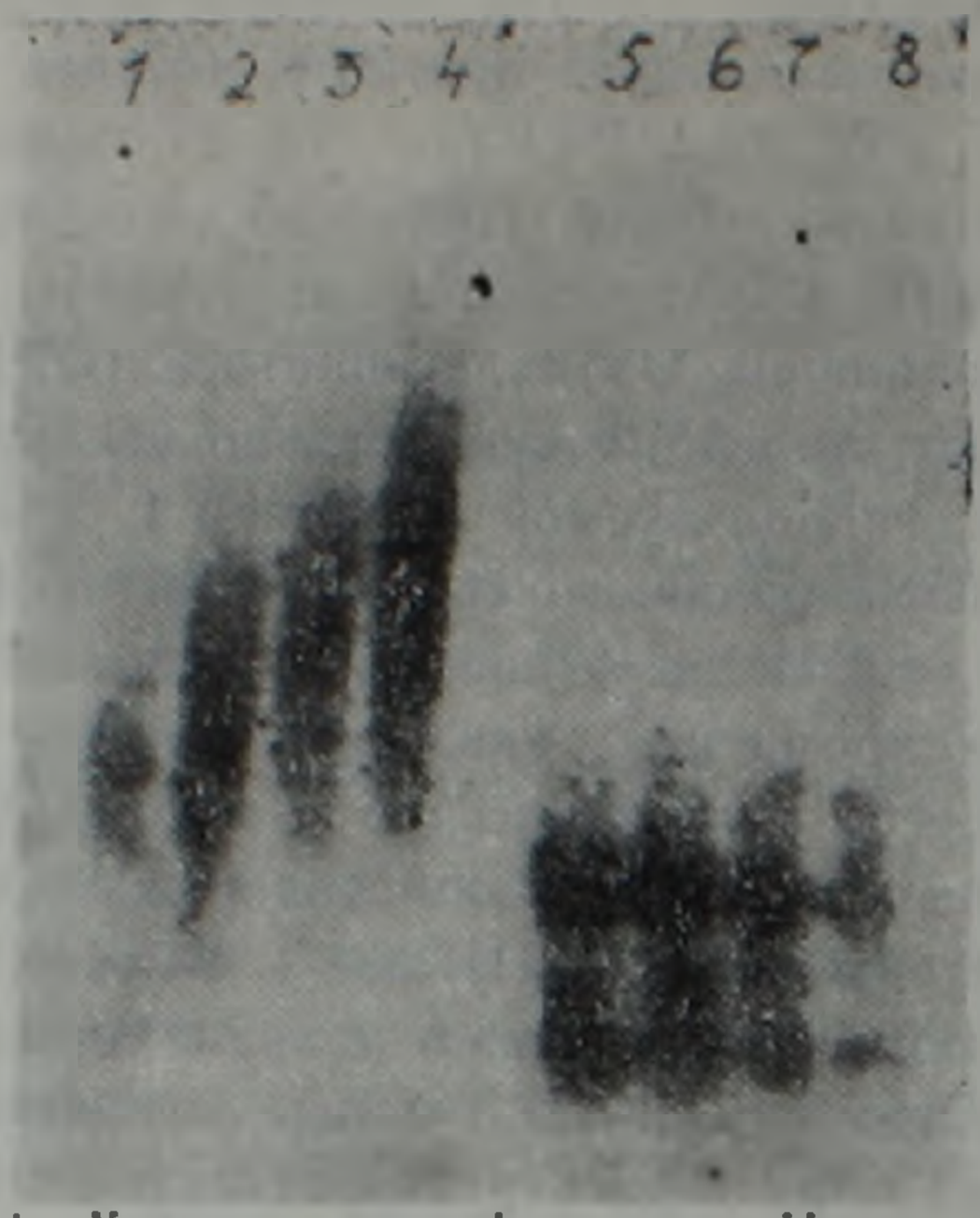


Рис. 1. Хроматин трансформантов Hela neo$^+$, расщепленный микрококковой нуклеазой и фракционированный центрифугированием на растворимую (С) и нерастворимую (О) фракции, которые были анализированы электрофорезом в ПААГ. с последующей гибридизацией с [^{32}P]-ДНК pSV 2 neo. *3, 4, 7, 8*—хроматин Hela neo$^+$, трансформированных в присутствии Na-бутирата (обработка нуклеазой 5 мин); *1, 2, 5, 6*—хроматин Hela neo$^+$, трансформированных в присутствии дб-цАМФ (обработка нуклеазой 10 мин;

Рис. 2. Хроматин трансформантов Hela neo$^+$, расщепленный микрококковой нуклеазой, после предварительного культивирования клеток Hela neo$^+$ в присутствии Na-бутирата (*1, 2*) и дб-цАМФ (*3, 4*) (далее см. подпись к рис. 1)

neo⁺ ген «neo» обнаруживался исключительно в С-фракции, что указывает на активацию индукторами генной активности Na-бутиратом и цАМФ всех копий интегрированного гена «neo» в соответствующих последовательностях клонов Hela-neo⁺.

Вместе с тем в перекрестном эксперименте, когда клетки Hela-neo⁺-бутират, содержали в питательной среде с цАМФ, а клетки Hela-neo⁺-цАМФ в среде с Na-бутиратом, полной солюбилизации для всех интегрированных копий гена «neo» не происходило.

Полученные результаты показывают, что в трансформантах Hela-neo⁺ ген «neo» интегрирует в участки хроматина избирательно «активируемые» Na-бутиратом или цАМФ.

В изученных трансформантах Hela-neo⁺ ген «neo» интегрирован в количестве нескольких копий как в функционально активные, так и в «молчащие» участки ДНК. Одновременно, «молчащие» участки ДНК с геном «neo» избирательно активируются Na-бутиратом или цАМФ. Эти данные позволяют заключить, что повышение частоты трансформации Hela геном «neo» в присутствии Na-бутирата или цАМФ достигается индукцией в определенных локусах хроматина структурных изменений, характерных для активированного состояния хроматина, повышающих вероятность избирательной интеграции в геном экзогенно-вводимого гена «neo».

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Армянской ССР

Ռ. Ա. ՋԱՔԱՐՅԱՆ, Ա. Ի. ՍԱՖԱՐՅԱՆ, Ն. Տ. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ

Na–բուտիրատով և դբ—ցԱՄՖ Hela բջիջների ԴՆԹ միջնորդված տրանսֆորմացիայի պրոցեսի ստիմուլյացիայի մեխանիզմի մասին

Ստացված տվյալները թույլ են տալիս եզրակացնել, որ Hela բջիջների տրանսֆորմացիայի հաճախականության բարձրացումը «neo» գենի միջոցով Na-բուտիրատի կամ ցԱՄՖ ներկայությամբ տեղի է ունենում քրոմատինի ակտիվացած վիճակին բնորոշ որոշ լոկուսների կառուցվածքային փոփոխությունների ինդուկցիայի շնորհիվ, դա բարձրացնում է «neo» գենի ինտեգրացիայի հավանականությունը քրոմատինի այն հատվածներում, որոնք բնորոշ են ակտիվանում Na-բուտիրատով կամ ցԱՄՖ-ով։

Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ Hela հետագոտված տրանսֆորմատներում «neo» գենը ինտեգրացված է մի քանի պատճենիով, ինչպես ԴՆԹ-ի ֆունկցիոնալ ակտիվ հատվածներում, այնպես նաև «լուռ» հատվածներում։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *A. Pellicer, M. Wigler, R. Axel*, Cell, v. 24, № 1, p. 133–141 (1978). [2] *S. N. Silaty, H. V. Aposhian*, Science, v. 220, № 4508. p. 725–727 (1983). [3] *S. Kato, R. A. Anderson, D. Camerini-Otero*, Mol. Cell. Biology. v. 6 № 5, p 1787, 1986. [4] *R. S. Bloom, J. N. Anderson*, Cell., v 15, p. 141—150 (1978) [5] *E. M. Southern*, J. Mol. Biol , v. 98, № 3, p. 503–517 (1975).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 №1

УДК 579.64.631+581.133.1

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Дж. А. Агаджанян, М. Г. Шамцян, Ф. Р. Казарян, Ю. Г. Попов

Бобово-ризобиальные перевиваемые ассоциации

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. О. Казаряном 6/III 98

В литературе известны многочисленные успешные попытки создания азотфиксирующих ассоциаций культур тканей бобовых и небобовых растений с симбиотическими и несимбиотическими диазотрофами. Однако сообщения об ассоциациях, способных к длительному культивированию при сохранении жизнеспособности обоих партнеров, единичны: в каллюсах сахарного тростника клеток Azo[illegible]si [illegible] (1), моркови Azotobacter vinelandii (2), табака Anabaena variabilis (3). Сведений же о культивировании перевиваемых бобово-ризобиальных ассоциаций in vitro в литературе мы не встречали.

С целью стабилизации симбиотических взаимоотношений культуры тканей люцерны и Rhizobium meliloti, взаимной адаптации бактериальных и растительных клеток в условиях смешанной культуры нами была предпринята попытка создать жизнеспособные перманентные ассоциации in vitro, перевиваемые в течение многократных пассажей. В качестве микросимбионта ассоциации использовали клубеньковые бактерии люцерны шт. 21/67 (коллекционная культура Института микробиологии АН Армянской ССР), макросимбионта—культура ткани люцерны сорта «Апаранская-40», изолированная нами и поддерживаемая в течение длительного субкультивирования. Культура ткани люцерны и ее ассоциация с Rh. meliloti поддерживалась на модифицированной среде Гамборга В-5—МВ-5 (4). Пересадки ассоциаций осуществляли через каждые 3—4 недели. Оптимальное соотношение клеток микро- и макросимбионтов было 10^7—10^8 бактериальных клеток на 1 г растительной ткани.

В этих постоянных ассоциациях in vitro изучали жизнеспособность обоих симбионтов, учитывали их ростовые показатели, определяли активность нитрогеназы клубеньковых бактерий в течение пассажей, проводили цитоморфологические наблюдения. Нитрогеназную активность определяли газохроматографическим методом по восстановлению ацетилена в этилен на хроматографе марки «Цвет—110», по методике, подробно описанной ранее (5). Жизнеспособность макро- и микросимбионтов устанавливали по приросту биомассы и наличию жизнеспособных клубеньковых бактерий, количественно определяемых по числу образовавшихся колоний на бобовом агаре. Сравнительные цитоморфологические наблюдения макро- и микросимбионтов проводили как в условиях ассоциации, так и при культивировании на питательных средах МВ-5 и бобовом агаре. Бактериальные клетки микроскопиро-

вали как прижизненно, так и после их фиксации (по Буэну) и окрашивания (кристаллическим фиолетовым). Микроскопирование и микрофотографирование бактериальных и растительных объектов проводили с помощью микроскопа марки МБИ—6 Микрофотографии получены на фотопленке «Микрат—200».

Каллюс люцерны, культивируемый в период всего жизненного цикла совместно с клетками Rh. meliloti, в условиях ассоциации сохранял жизнеспособность в течение 17-и пассажей. На рис. 1 изобра-

Рис. 1. Внешний вид перевиваемой ассоциации каллюсов люцерны с клубеньковыми бактериями

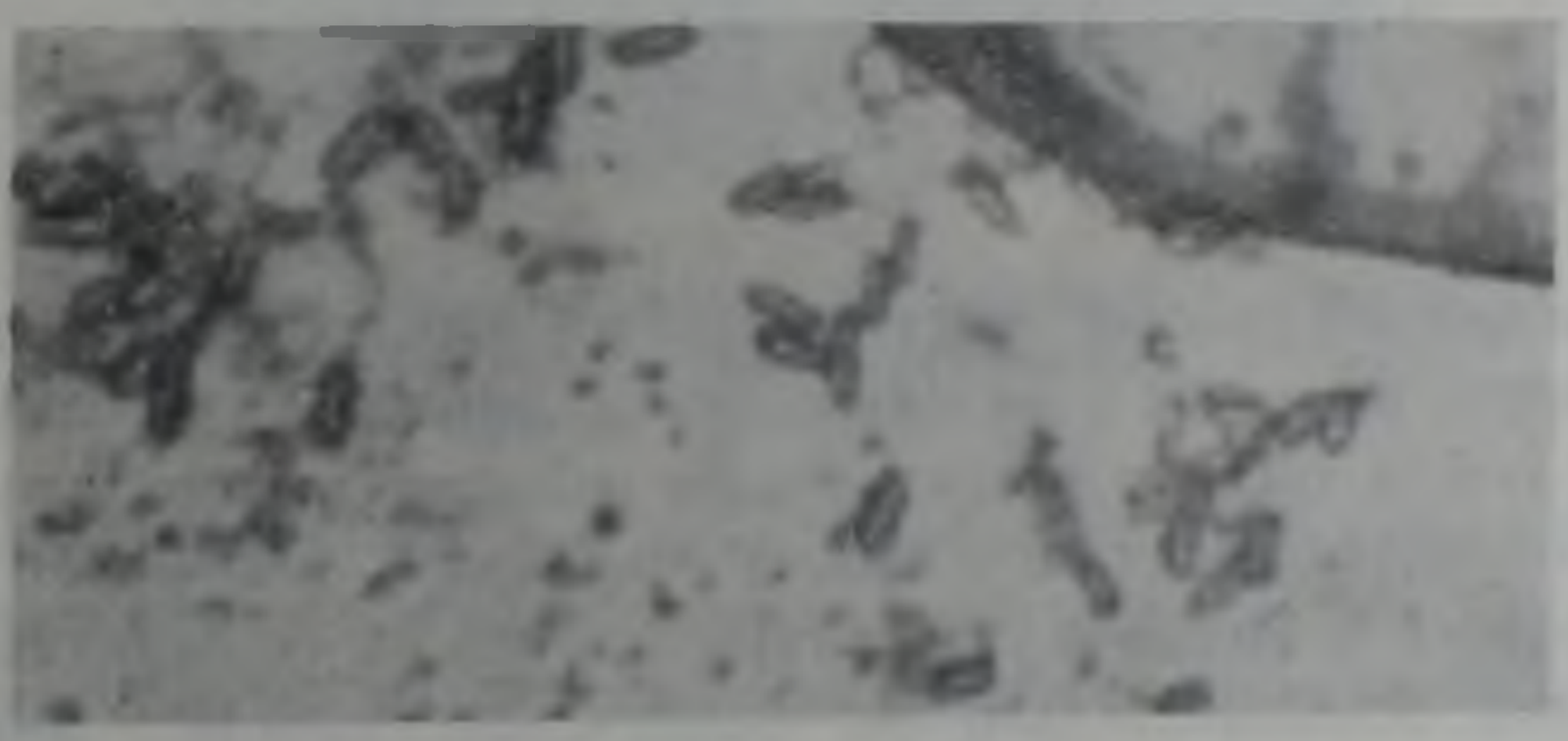


Рис. 2. Палочковидные формы клубеньковых бактерий в ассоциации с каллюсом люцерны. Окраска по Гутштейну. Внизу виден фрагмент растительной клетки. X 2500

жен каллюс люцерны, инфицированный клубеньковыми бактериями, к концу субкультивирования. Внешние морфологические различия между каллюсами ассоциаций и контрольных, неинокулированных бактериями вариантов не выявлены в течение всех пассажей. В ассоциациях и неинокулированных вариантах каллюсы люцерны имели одинаковую рыхлую консистенцию и светло-желтый цвет. В обоих случаях не наблюдалось признаков преждевременного некроза, побурения ткани. Наличие бактериальных клеток в ткани визуально не обнаруживается в течение субкультивирования ассоциаций. Только после длительного

хранения без пересадки (более двух месяцев) каллюсы, перманентно носящие в себе клубеньковые бактерии, приобретают более бурый оттенок, чем контрольные—неинокулированные, и вокруг них наблюдается бактериальный рост. В ассоциативной ткани незначительно повышается содержание сухих веществ по отношению к контролю (5,0—5,2 против 4,5—4,7).

В течение субкультивирования контролировалось количество клубеньковых бактерий в ассоциативной ткани—оно составляло 10^6—10^9 клеток на 1 г каллюса. Угнетение растительной ткани отмечалось, когда в 1 г каллюса количество бактерий превышало 10^9. Результаты учета ростовых показателей растительных тканей, определения нитрогеназной активности в течение субкультивирования ассоциаций обобщены в таблице.

Показатели роста и нитрогеназная активность (нМ этилена на 1 г сухого вещества в течение 24 ч) в течение субкультивирования перевиваемых ассоциаций клеток клубеньковых бактерий и каллюсов люцерны

№ пассажа	Прирост биомассы, г		Индекс роста		Нитрогеназная активность, нМ C_2H_4/г сухого вещества
	ассоциация	контроль	ассоциация	контроль	
I	3,29	2,70	8,2	6,8	29
II	3,30	3,83	8,3	9,6	61
V	5,83	5,63	14,6	14,1	—
VI	7,87	7,86	19,7	19,7	55
VII	9,07	8,30	22,7	20,8	—
VIII	8,79	8,43	22,0	21,1	—
IX	3,98	4,35	10,0	10,9	—
X	6,22	7,96	15,6	19,9	53
XIV	4,08	4,35	10,5	11,9	71
XVII	4,18	4,57	10,5	11,4	35

Приведенные данные свидетельствуют, что постоянное присутствие клубеньковых бактерий в культуре ткани люцерны в течение 17-и пассажей не угнетало роста растительного компонента ассоциации. Индекс роста (отношение конечного веса к исходному) и прирост биомассы ассоциативных и неинокулированных тканей в большинстве случаев сохранялись приблизительно на одинаковом уровне. Значительные расхождения по росту тканей отмечаются между различными пассажами. Минимальное увеличение роста как ассоциативных, так и неинокулированных тканей наблюдается во время первых пассажей, а максимальное—7-го и 8-го. Индекс роста ассоциативной ткани достигает максимума (22,7) к концу 7-го пассажа, а каллюсов без бактерий (21,1)—8-го.

Нитрогеназная активность клубеньковых бактерий шт. 21/67 в ассоциации с клетками люцерны в период субкультивирования обнаруживается не всегда и не связана с темпами роста ассоциации. Уровень активности нитрогеназы незначителен.

Цитоморфологическими исследованиями установлено, что клубеньковые бактерии в растительной ткани при длительном пассировании мало отличаются от клеток, культивируемых на традиционных пита-

тельных средах. Они имеют характерную для Rhizobium палочковидную форму (рис. 2). Однако эти клетки по форме и размерам отличаются от бактероидов, находящихся в клубеньковой ткани растения-хозяина. Атипичные формы клубеньковых бактерий, часто встречающиеся на средах для культивирования растительных клеток, при их совместном росте с тканью не обнаруживаются.

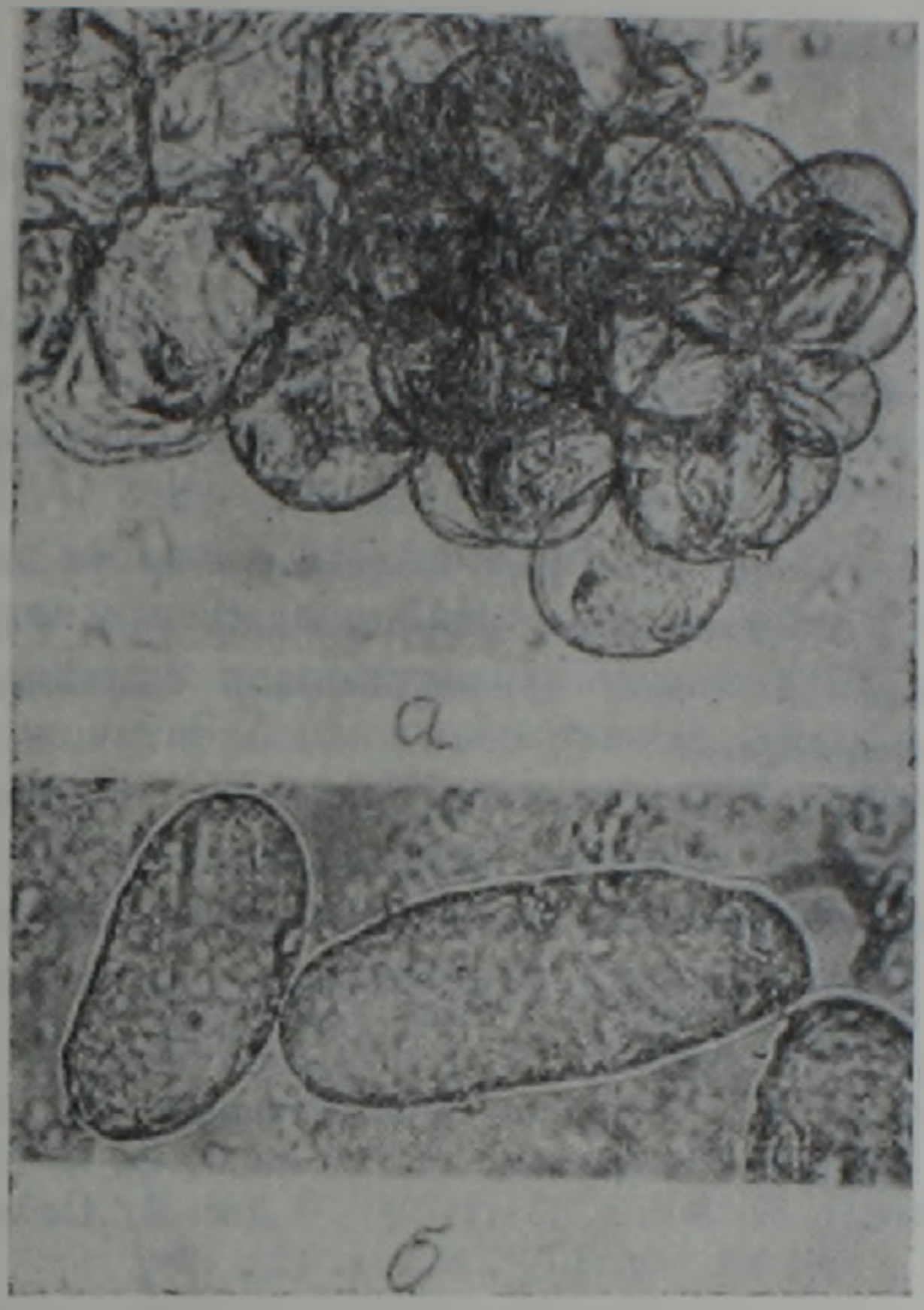


Рис. 3. Растительные клетки в ассоциации с клубеньковыми бактериями: *а*—меристематические, *б*—паренхимные клетки. X 200

Как для ассоциаций, так и каллюсов без бактерий характерны два основных типа растительных клеток—меристематические и паренхимные (рис. 3, *а, б*). Соотношение их меняется по мере старения ткани.

Итак, между партнерами ассоциации не наблюдается антагонизма, однако уровень симбиотической азотфиксации незначителен. Вероятно, при длительном культивировании постоянных ассоциаций Rh. meliloti шт. 21/67 и культуры ткани люцерны вместо типичных мутуалистических бобово-ризобиальных взаимоотношений устанавливаются комменсальные.

Менее успешной оказалась попытка создания перевиваемой ассоциации, в которой в качестве микросимбионта использовали клубеньковые бактерии люцерны шт. 441а (из коллекции культур микроорганизмов ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии). Эта комбинация партнеров в ассоциации сохранила жизнеспособность только в течение трех пассажей. Количество бактериальных клеток на 1 г каллюса в

течение субкультивирования постепенно увеличивалось от 10^7 до 10^9 и более К концу третьего пассажа, когда в 1 г каллюса количество клубеньковых бактерий превышало 10^9, наблюдалось сильное угнетение макросимбионта, и рост ассоциации прекращался.

Ереванский государственный универстутет

Ջ. Ա. ԱՂԱՋԱՆՅԱՆ, Մ. Գ. ՇԱՄՑՅԱՆ, Տ. Ռ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՅՈՒ. Գ. ՊՈՊՈՎ

Թիթեռնածաղկավորների և պալարաբակտերիաների փոխացանների ներարկվող ասոցիացիաներ

Ստեղծված է առվույտի արմատային ծագման հյուսվածքային կուլտուրայի և պալարաբակտերիաների ասոցիացիա, որի մակրո- և միկրոսիմբիոնտները պահպանում են իրենց կենսունակությունը տևական փոխացանքերի ընթացքում։

Պալարաբակտերիաների մշտական առկայությունը բուսական հյուսվածքում բացասաբար չի անդրադառնում վերջինիս աճի վրա։ Փոխացանքերի ընթացքում այս ասոցիացիաներում նիտրոգենազայի հավաստի ակտիվություն ոչ միշտ է հայտնաբերվում։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *P. S. Carlson, R. S. Chaleff*, Nature. v. 252. № 5482, p. 393 (1974). [2] *V. Vasil, J. K. Vasil, D. A. Zuberer* e. a., Z. pflanzenphysiol., v. 95, p. 141 (1979). [3] *Т. Г. Корженевская, Л. В. Пивоварова, О. И. Баулина* и др., ДАН СССР, т. 274, № 4, с. 1016 (1984). [4] *З. В. Маршавина, О. Г. Севрук, Е. Н. Щербакова* и др., Биол. журн. Армении, т. 32, № 6, с. 13 (1979). [5] *Дж. А. Агаджанян, Ю. Г. Попов, М. Г. Шамцян* и др., Уч. зап. ЕГУ, № 2, с. 122, 1985

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 № 1

УДК 595.765.8

ЭНТОМОЛОГИЯ

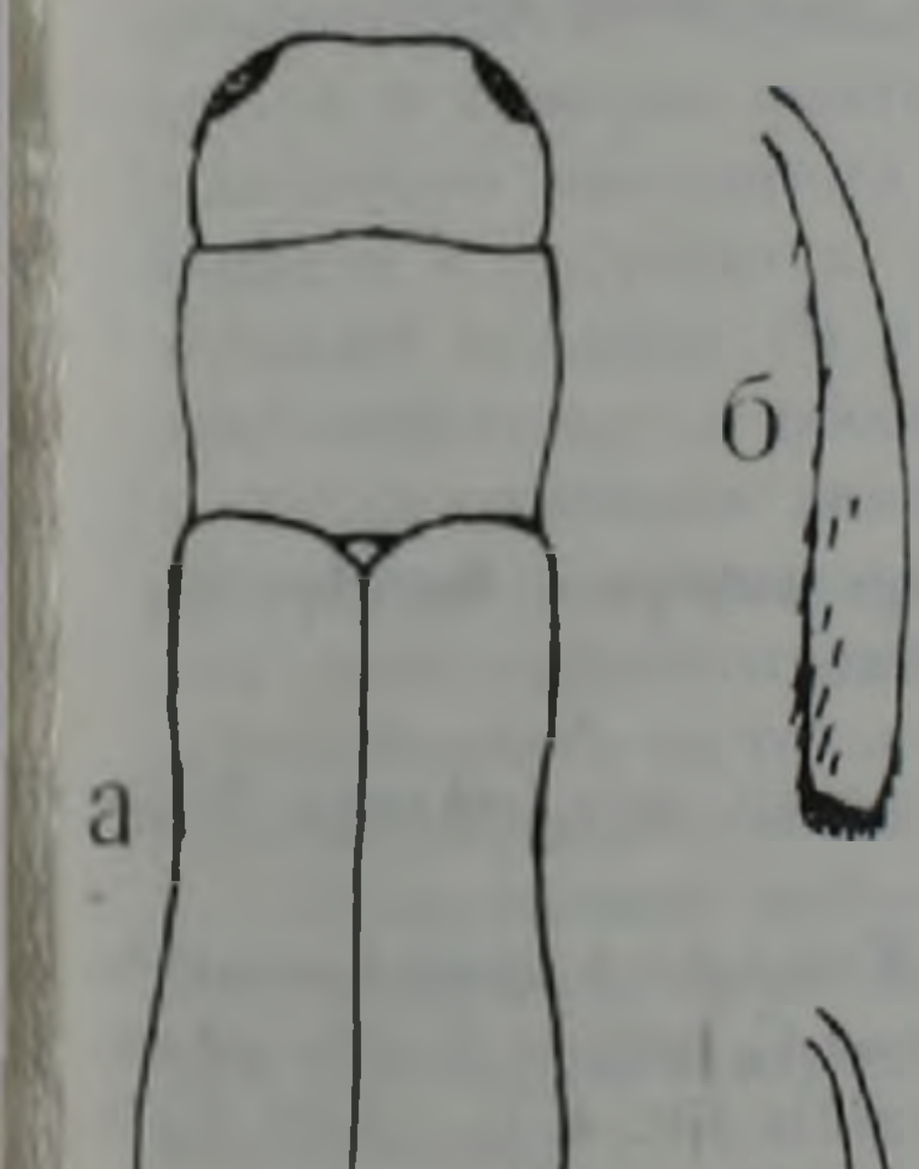
М. Ю. Калашян

Новый вид златки рода Cylindromorphus Kiesw. из Азербайджана (Coleoptera, Buprestidae)

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. О. Мовсесяном 30/XII 1988)

Cylindromorphus talyshense Kalashian, sp. nov. — АзССР, Талыш — Зуванд, 13/VII 1986, соб. О. Горбунов. Голотип, самка, в коллекциях Института зоологии АН АрмССР.

Тело темно-бронзовое, слабо блестящее, в редких коротких светлых волосках, покровы в мелкосетчатой шагренировке. Длина 4,2 мм (рисунок, *а*). Наличник приблизительно равной длины и ширины, глубоко дуговидно вырезан спереди. Лоб в передней половине у середины едва вдавлен, в глубоких крупных негустых точках, как и темя. Голова слегка уже переднеспинки, виски (см. сбоку) в 1,3 раза длиннее глаз. Переднеспинка у основания в 1,1 раза шире длины, едва



а, б—Cylindromorphus talychense sp. n.; *в*—C. popovi Mnnh. *а*—контур тела; *б, в*—средняя голень

расширена к передней 1/3, затем слабо едва вогнуто сужена к почти прямым основным углам, ее краевой киль (см. сбоку) слабо, но явственно изогнут. Скульптура образована густыми грубыми точками, которые едва крупнее точек головы, эти точки образуют местами спутанные ряды, у середины поперечные, по бокам—косые. Надкрылья в 2,75 раза длиннее общей ширины у плеч, в 3,35 раза длиннее переднеспинки, почти параллельнобокие в основной 1/6; слабо сужены к основной 1/3, затем расширены к вершинной 1/3, где они наибольшей ширины, затем почти прямолинейно сужены к коротко порознь закругленным вершинам, несущим несколько очень маленьких зубчиков. Надкрылья в многочисленных поперечных извилистых морщинках и слегка спутанных продольных рядах точек, образующих как бы черепитчатую скульптуру, кзади сглаженную. Низ тела в крупных точках, на переднегруди глубоких, кзади и к середине сглаженных. Голени слабо изогнутые, явственно расширены дистально (рисунок, *б*). 7-й уростернит почти прямолинейно срезан дистально.

Из всех палеарктических видов рода к нашему виду наиболее близок C. popovi Mnnh. из степей СССР и Монголии; он отличается сильнее вдавленным лбом, более мелкой пунктировкой головы, которая заметно мельче, чем на переднеспинке, более узкими и сильнее изогнутыми голенями (рисунок, *в*). Известные из Закавказья C. filum Gyll. и C. araxidis Ru. легко отличаются от описываемого вида более узким и длинным телом (у обоих надкрылья по крайней мере втрое длиннее общей ширины у плеч).

Мы считаем своим приятным долгом выразить признательность О. Г. Горбунову, передавшему нам материал по новому виду.

Институт зоологии
Академии наук Армянской ССР

Մ. ՅՈՒ. ՓԱԼՄԱՇՅԱՆ

Cylindromorphus Kiesw.-ների նոր տեսակի նկարագիր Ադրբեջանից (Coleoptera, Buprestidae)

Նկարագրվում է Cylindromorphus talyshense sp. nov. *տեսակը Թալիշից (Ջավանգի):*

Նոր տեսակը համեմատվում է ԽՍՀՄ-ի և Մոնղոլիայի տափաստաններում տարածված պալեարկտիկական մոտ կանգնած C. popovi Mnnh. *տեսակի, ինչպես նաև Անդրկովկասից հայտնի* C. araxidis Ru. *և* C. filum Gyll. *տեսակների հետ:*

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Том 89 1989 №1

УДК 616.438+616.155.32:57.083.3

ИММУНОЛОГИЯ

А. В. Зильфян, Х. С. Саядян, В. Г. Хачатрян, М. С. Петросян

Гель-фильтрационная характеристика белковых продуктов жизнедеятельности лимфоцитов тимуса

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Ю. Т. Алексаняном 18/V 1988)

Иммунная система у высших животных, находясь под сложным влиянием нервных, эндокринных и медиаторных воздействий, обладает высокой степенью автономности в распознавании и элиминации генетически чужеродных клеток и субстанций. Эту важную функцию она осуществляет с помощью гормонов, медиаторов и других биологически активных соединений, вырабатываемых самой иммунной системой. Описано около 30 растворимых субстанций этого ряда, играющих роль в развитии иммунных реакций ([1–3]). В настоящее время лимфокины представлены в двух категориях: первая—продукты активированных (митогенами или антигенами) лимфоцитов в бесклеточной среде культивирования; вторая—продукты жизнедеятельности интактных лимфоцитов (ПЖЛ) ([4]). Широкий спектр биологически активных веществ (БАВ), вырабатываемых в условиях стимуляции, рассматривается в качестве факторов, модулирующих реакции опосредованного клеточного иммунитета ([5–8]), ингибирующих синтез вазоактивных веществ в лаброцитах, провоцирующих инициативную фазу воспалительного процесса ([9]) и др. В этой связи нам представляется более целесообразным и обоснованным изучение продуктов жизнедеятельности «интактных» лимфоцитов, поскольку подобная направленность исследований открывает широкие перспективы изучения биологической роли вырабатываемых лимфоцитами «гормоноподобных» веществ в деятельности не только иммунной, но и других интегративных систем организма (сердечно-сосудистой, эндокринной, нервной и др.).

В настоящей работе ставилась задача провести биохимические исследования с целью нахождения активных фракций белков из ПЖЛ для дальнейшего изучения их физико-химических и биологических характеристик.

Опыты ставили на 180 белых беспородных крысах-самцах массой 120—160 г. ПЖЛ получали следующим образом: животных забивали, извлекали тимус, который гомогенизировали в стеклянном гомогенизаторе Портера в среде 199. Затем центрифугированием в градиенте плотности фикола (d=1,079 г/см^3) в течение 30 мин при 3000 об./мин выделяли пул клеток с плотностью меньше 1,079 г/см^3, после чего производили морфологический контроль и подсчет числа лимфоцитов в камере Горяева. Полученные лимфоциты инкубировали при 37°С в

течение 6 ч в среде 199, после чего центрифугировали 15—20 мин при 1500 об./мин и отделяли надосадочную жидкость, содержащую ПЖЛ. После инкубации также проводили морфологический контроль целостности лимфоцитов (процентное содержание дистрофически измененных и распавшихся лимфоцитов). Содержание белка в ПЖЛ определяли по методу Идзаки ([10]). Хроматографический анализ ПЖЛ проводили гель-фильтрацией на колонке размерами 1,8×18 см с сефадексом G-100. Колонку уравновешивали 0,01 М фосфатным буфером pH 7,4. Скорость элюции составляла 20 мл/ч. Оптическую плотность фракций белков в элюате определяли на спектрофотометре при 280 нМ. Фракции собирали в объеме по 3,0 мл. На рис. 1 изображена элюционная кривая разделения ПЖЛ с помощью сефадекса G-100. На оси абсцисс

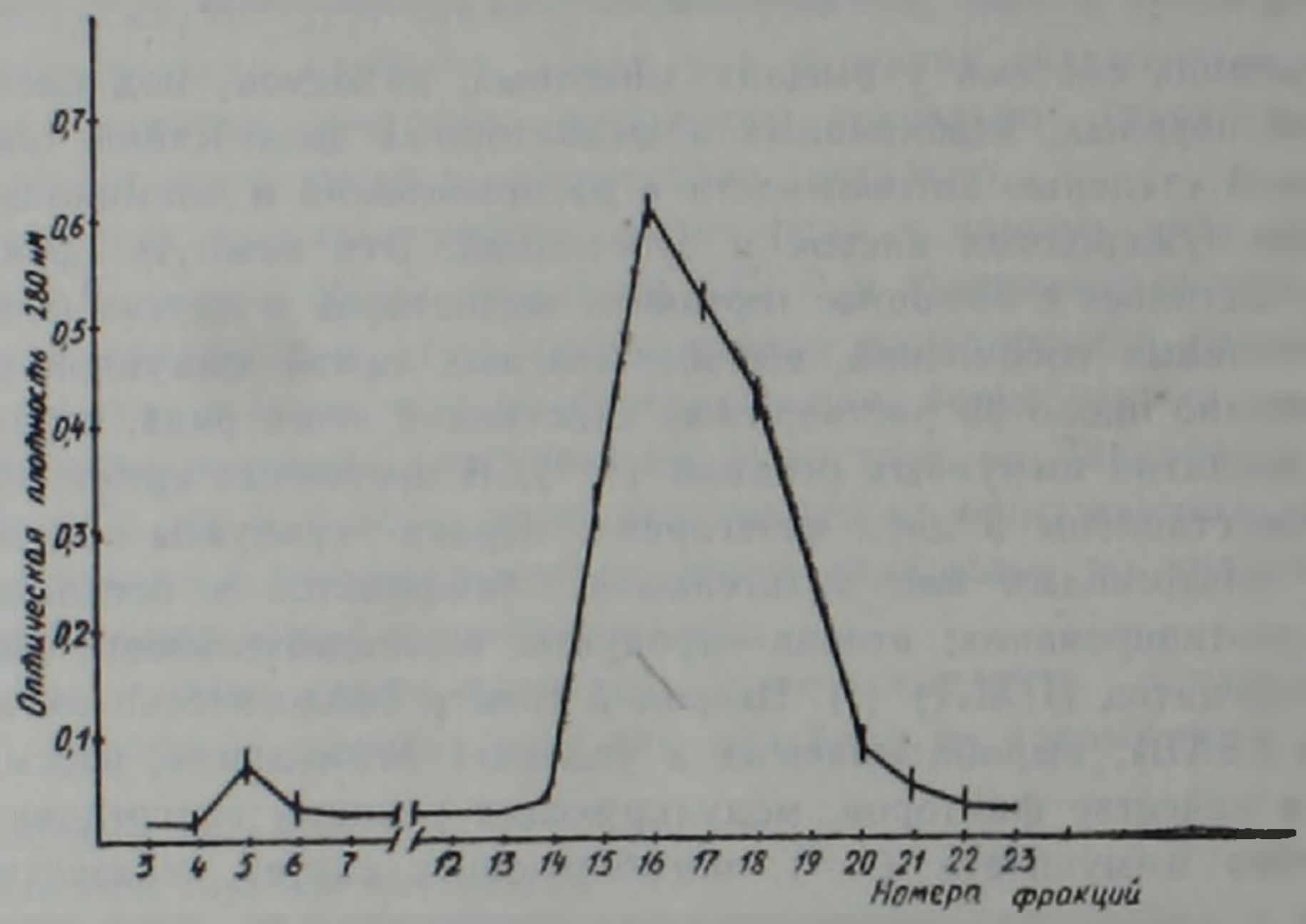


Рис. 1. Элюционная кривая ПЖЛ при разделении на сефадексе G—100

отмечены номера пробирок с фракциями белков, на оси ординат—их оптическая плотность. Как видно из рисунка, гель-фильтрационная кривая характеризуется двумя основными пиками. Первый небольшой пик состоит из оптической плотности белков, выходящих во фракциях 4—6. Второй большой пик, который занимает значительную площадь, состоит из оптической плотности белков, выходящих во фракциях 14—20.

Характерно, что гель-фильтрационные профили исследуемых белков общего пула ПЖЛ различных экспериментов, при одинаковых условиях их выполнения, являются сходными. В дальнейшем при разделении ПЖЛ и изучении молекулярных масс выделенных фракций был использован гель фирмы Toyo-Soda (Япония), обладающий лучшими, чем сефадекс G-100, характеристиками. Гель Toyopearl HW—55F имеет наиболее широкий спектр деления и делит белки с молекулярной массой от 1000 до 700 000 дальтон. Однако наибольшая эффективность разделения наблюдается в диапазоне от 10 000 до 200 000 ([11]). Калибровочная кривая, полученная нами, в основном совпадает с приведенной в паспорте геля. Анализ белков лимфокинов проводили на колон-

ке размерами 1.6×95 см. Элюцию проводили буфером в составе: 25 мМ трис-HCl pH 7,54; 250 мМ NaCl. Скорость элюции составляла 80 мл/ч. Оптическую плотность собранных фракций определяли на проточном УФ-спектрофотометре. Для определения свободного объема колонки использовали голубой декстран с молекулярной массой 2×10^6 дальтон. На рис. 2 показано распределение калибровочных белков. Здесь же приведены молекулярные массы изучаемых белковых фракций. На оси абсцисс отмечен объем элюции в миллилитрах, на оси ординат при калибровочных белках — молекулярные массы, а при

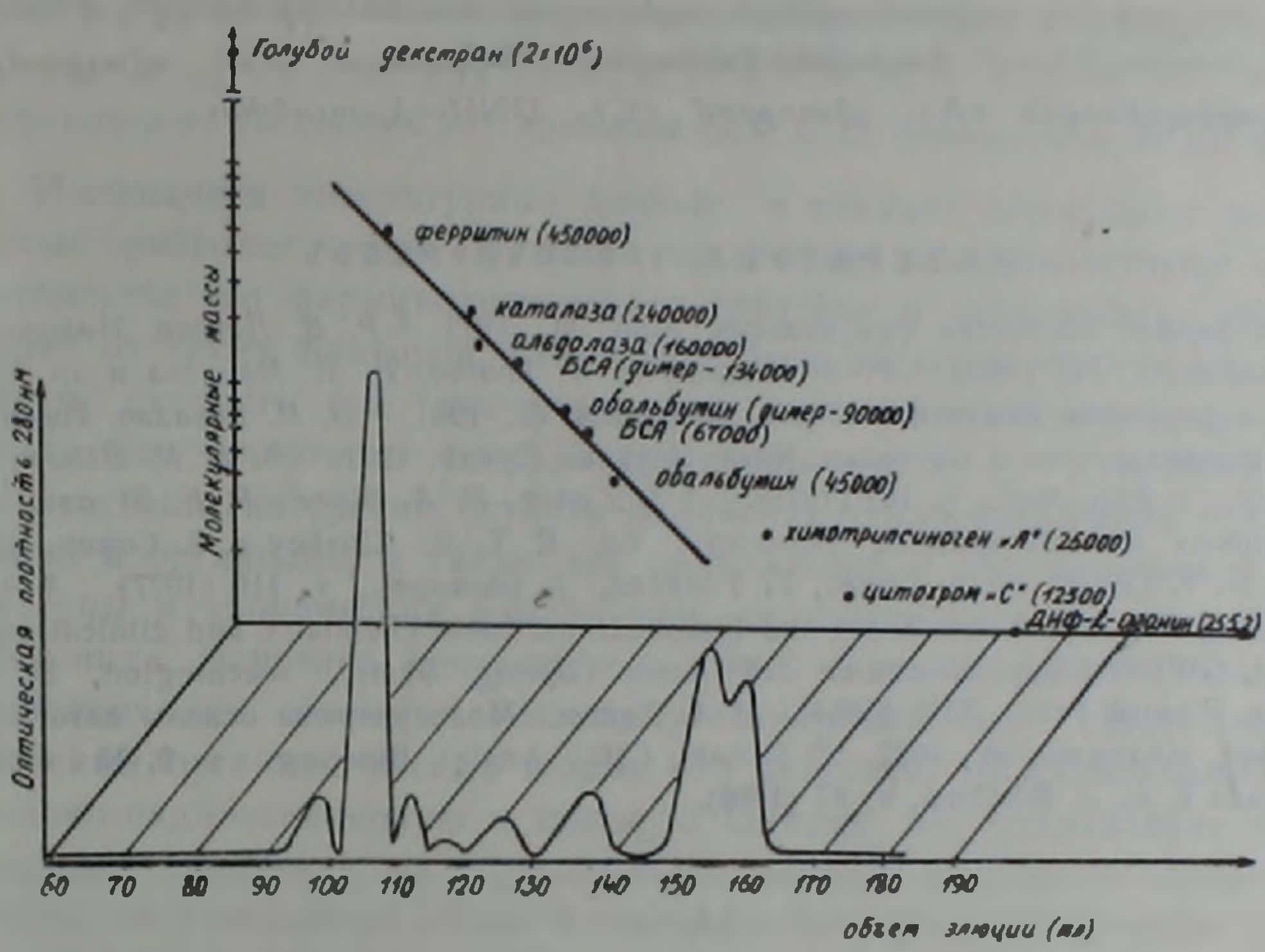


Рис. 2. Разделение ПЖЛ при помощи гели Toyo-pearl HW-55F Колонка размерами 1,6×95 см; элюат 25 мМ трис-HCl буефр (pH 7.45): 250 мМ NaCl; фракции собирали по 1 мл; скорость элюции 80 мл/ч; t=25°C; объем образца 1,5 мл; детектор UV (280 нМ)

изучении белковых фракций—оптическая плотность. Калибровочные белки в количестве 10 мг в 0,5 мл буфера проводили через колонку. В качестве калибровочных белков использовали: ферритин, каталазу, альдолазу, БСА, овальбумин, химотрипсиноген «А», цитохром «С», DNP-L-аланин. На спектрограмме видно распределение основных пиков по молекулярным массам. Первый пик выходит в пределах 150 000 дальтон, второй—72 000, третий—56 000, четвертый—29 000, пятый—23 000. На спектрограмме во фракциях 155 и 160 мл, по всей вероятности, элюируются низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой менее 2000 дальтон. Из сравнения двух кривых, полученных гельфильтрацией на сефадексе G-100 и Toyopearl HW-55F, видно, что гели фирмы Toyo-Soda дают возможность получить более качественное разделение белковых смесей.

Ереванский государственный медицинский институт

Ա. Վ. ՋԻԼՅԱՆ, Խ. Ս. ՍԱՅԱԴՅԱՆ, Վ. Գ. ՆԱՋԱՐՅԱՆ, Մ. Ս. ԳԵՏՐՈՍՅԱՆ

Աուրացագեղձի լիմֆոցիտների կենսագործունեության սպիտակուցային արգասիքների գել–ֆիլտրացիոն բնութագիրը

Գել-ֆիլտրացիայով (Toyopearl HW 55F) ի հայտ է բերված լիմֆոցիտների կենսագործունեության արգասիքների հինգ սպիտակուցային ֆրակցիաներ, որոնք բնութագրվում են 150 000, 72 000, 56 000, 29 000 և 23 000 դալտոն։ 155 և 160 մլ ֆրակցիաներում ի հայտ է բերված ցածր մոլեկուլյար պեպտիդներ, որոց մոլեկուլյար մասսան կազմում է 2 000 դալտոն։

Հետազոտվող սպիտակուցների մոլեկուլյար մասսաները որոշվել է հայտնի սպիտակուցներով՝ ֆերիտին, կատալազա, ալդոլազա, BSA, օվալբումին, խիմոտրիպսինոգեն «A», ցիտոքրոմ «C», DNP—L-ալանին։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Ф. Бернет*, Клеточная иммунология, Мир, М., 1971. [2] *Р. В. Петров*, Иммунология, Медицина, М., 19866. [3] *Р. В. Петров., Р. Н. Хаитов, В. М. Мальков* и др. Контроль и регуляция иммунного ответа, Медицина, Л., 1981. [4] *В. И. Говаляо*, Иммунитет к трансплантатам и опухолям, Киев, Наукова Думка, 1977. [5] *B R Bloom, E Shevach*, J. Exp. Med., v. 142 (1975). [6] *S. Cohen, P. A. Ward. P. E. Bizzazzi*, In: Mecahnisms of ceil-mediated immunity, Ed. R T. Mc Cluskey a. S. Cohen, John Willy. N. Y. (1974). [7] *S. Cohen, T. Yoshita*, J. Immunol., v. 119 (1977). [8] *A. L. Goldstein*, Ed. Thymic hormones and lymphokines: basic chemistry and clinical applications, GWUMC Dep. Biochem. 3rd Annu. Spring Symp., Wachington, N. Y. London, Plenum Press, XIV (1984). [9] *А. Хорст*, Молекулярные основы патогенеза болезней, Медицина, М., 1982. [10] *Itzhaki, Clll*, Analyt. Biochem. v. 9, № 4 (1964). [11] *Fujuta* e. e., J. Biochem, v. 87 (1980).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Том 89 1989 №1

УДК 612.53

ФИЗИОЛОГИЯ

Р. А. Арутюнян, Л. А. Саакова, Д. С. Саркисян, Дж. К. Хачатрян, К. Р. Арутюнян

Влияние серотонина на теплосодержание, теплоотдачу и температурный гомеостаз организма

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. В. Фанарджяном 28/III 1989)

Имеющиеся литературные данные о влиянии серотонина на различные физиологические функции организма свидетельствуют о непостоянстве его фармакологического действия и зависимость его эффектов от таких факторов, как доза и пути введения серотонина в организм, скорость его проникновения через гемато-энцефалический барьер, вид животного, температура среды и т. д. ([1–5]). В свете сказанного было интересно изучить изменение теплосодержания и теплоотдачи в организме, а также его центральной и периферической температуры в хронических опытах при системном введении в организм серотонина. Изучение этого вопроса имеет не только теоретическое, но и практическое значение, поскольку спектр действия серотонина на животный организм весьма широк. Он действует на гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую и половую систему, на «становление пола» и половое поведение, на стрессовое состояние и выделение кортикостероидов, на углеводный обмен и секрецию инсулина, на функцию щитовидной железы и др.

Методом многочасового и высокочувствительного термограммирования регистрировали динамику изменения температуры ободочной кишки, шейных мышц и центральных артериальных сосудов ушных раковин, при внутривенном введении серотонина-креатина сернокислого в средней дозе 1,7 мг/кг в объеме 0,35 мл/кг физиологического раствора. Было поставлено 24 опыта на 9 кроликах. Температуру ободочной кишки регистрировали на глубине 6—7 см, а «рабочие» спаи медно-константановых термопар, регистрирующих мышечную температуру, с помощью инъекционной иглы вводили в мышцы шеи перед каждым опытом на глубину 2—2,5 см. «Рабочие» спаи термопар, измеряющие температуру сосудов ушных раковин, прикрепляли к животному перед каждым опытом с помощью липкого пластыря и коллодия. Запись температуры исследуемых точек производили 12-канальным самопишущим потенциометром типа ЭПП09—М3, который был подключен к выходу фотоэлектрического усилителя типа Ф—116/2, с чувствительностью измерения температуры 0,013° для кишечной и мышечной температуры и 0,13° для кожной и камеральной температуры.

Теплоотдачу излучением определяли по формуле $Q = A \cdot \varepsilon \cdot E \times (T_{ж}^4 - T_{п}^4)$, а теплосодержание — $Q = m \cdot c \cdot t \cdot (\Delta t)$. Порядок ведения опы-

та был следующим: в течение 30 мин производили непрерывную синхронную регистрацию температуры ободочной кишки, шейных мышц, сосудов ушных раковин и определяли количество теплосодержания в организме и теплоотдачи излучением. Затем внутривенно вводили серотонин-креатин сернокислый в вышеуказанной дозе и объеме. Далее в течение 75 мин продолжали непрерывное синхронное термограммирование указанных органов «ядра» и «оболочки» организма, а также определение теплосодержания и теплоотдачи излучением. Во время каждого опыта животное находилось в специальном станке, ограничивающем свободу движений, но позволяющем сохранить естественную позу.

Полученными результатами установлено, что внутривенное введение серотонина вызывает достоверный ($P<0,05$) гипотермический эффект: температура ободочной кишки и шейных мышц в течение 75 мин снижалась в пределах 0,3—0,45°, температура артериальных сосудов — в среднем на 5,59° ($P>0,05$). Что касается теплосодержания и теплоотдачи излучением, то первое, после внутривенного введения серотонина, повышалось более чем в три раза или с 63±11 до 220±±39 кал/кг ($P<0,01$), а теплоотдача, наоборот, снижалась с 228±39 до 156±34 кал/мин или на 32% (таблица).

Изменение теплосодержания, теплоотдачи и температуры «ядра» и «оболочки» организма кроликов после внутривенного введения серотонина

Показатель \ Характер опыта	Контроль	Серотонин	Значение „P"
Теплосодержание, кал/кг	63±11	220±39	>0,01
Теплоотдача излучением, кал/мин	228±39	156±34	<0,1
Температура ободочной кишки	38,75±0,09	—0,31	<0,01
Температура шейных мышц	35,90±0,14	—0,45	<0,02
Температура сосудов ушных раковин	34,97±1,85	—5,59	>0,05

Дополнительные эксперименты с внутривенным введением физиологического раствора в объеме 0,35 мл/кг особых изменений в температурном гомеостазе не выявили.

Обсуждение механизма снижения температуры сосудов «оболочки» организма и теплоотдачи излучением показывает, что снижение температуры сосудов кожи ушных раковин и теплоотдачи при системном введении серотонина, с одной стороны, обусловлено непосредственным возбуждением альфа-адренорецепторов периферических кровеносных сосудов, наступлением реакции вазоконстрикции и уменьшением количества циркулирующей крови по периферическим сосудам. С другой стороны, надо полагать, что как вазоконстрикторный эффект, так и уменьшение теплоотдачи при введении серотонина, возможно, обусловлены возбуждением периферических Д-серотонинореактивных структур, часть которых по своей функции не отличается от сосудистых альфа-адренорецепторов ([6]). Конусова ([7]) указывает, что в нервной системе существует два типа серотониновых рецепторов, отличающихся сродством к серотонину и ряду серотониновых агонистов. По ее данным, возбуждение серотониновых рецепторов второго типа вызывает вазоконстрикторный эффект. Исходя из этого и учитывая тот факт, что внутривенно введенный серотонин в дозе, превышающей 1,25 мг/кг,

проникает через гемато-энцефалический барьер и действует на центральные серотониновые структуры (°), можно предположить, что снижение теплоотдачи и температуры периферических сосудов обусловлено также возбуждением серотониновых тормозных нейронов второго типа, импульсы от которых через нисходящие симпатоактивирующие пути, поступая к сосудистым альфа-адренорецепторам, вызывают вазоконстрикцию и снижают теплоотдачу.

Что касается механизма снижения температуры «ядра» организма при внутривенном введении серотонина, известно, что серотонин, в зависимости от дозы и путей введения то ингибирует, то активирует симпато-адреналовую систему организма, а его действие осуществляется через освобождение или торможение выделения норадреналина из симпатических окончаний и надпочечников ([9]). Исходя из этого следует сказать, что снижение температуры «ядра» организма при системном введении серотонина является результатом снижения активности симпато-адреналовой системы и уменьшения общего метаболизма и теплопродукции в организме. Сказанное подтверждается значительно большей степенью (в среднем в 1,5 раза) снижения температуры в шейных мышцах, тепловая эффективность которых в общей теплообразовательной функции скелетной мускулатуры гораздо выше, чем в других мышцах ([10–12]).

Есть предположение, что теплосодержание тела поддерживает гомеостаз организма. Наши данные показывают, что внутривенное введение серотонина, хотя и повышало теплосодержание более чем в 3 раза, однако это количество оказалось не пороговым для поддержания нормотермии организма, что привело к снижению температуры его внутренней среды в среднем на 0,3°. Если учитывать, что теплоемкость живых тканей равняется в среднем 0,86 кал/г. °С, то наши расчеты показывают, что для поддержания нормотермии организма подопытных кроликов, средняя масса которых была 3378 г, пороговое теплосодержание составляет 258 кал/кг или на 15% больше по сравнению с нашими фактическими данными.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что внутривенное введение серотонина приводит к снижению теплоотдачи, температуры «ядра» и «оболочки» организма и повышает теплосодержание.

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

Ռ. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Լ. Ա. ՍԱՀԱԿՈՎԱ, Գ. Ս. ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ,
Ջ. Կ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ք. Ռ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Սերոտոնինի ազդեցությունը օրգանիզմի ջերմատարողության, ջերմարձակման և ջերմային հոմեոստազի վրա

Ապացուցված է, որ սերոտոնինի ներերակային ներարկումը հարուցում է հիպոթերմիկ արդյունք և ազիքային ու մկանային ջերմաստիճանը իջնում է 0,3—0,45°, իսկ ականջախեցու զարկերակային անոթների ջերմաստիճանը, 5,59 (>0,05), ինչ վերաբերվում է օրգանիզմի ջերմատարողությանը, ջերմարձակմանը, ապա նույն պայմաններում առաջինի քանակը ավելանում է

3,5 անգամ 63±11-ից մինչև 220±39 կալ/կգ, իսկ երկրորդինը՝ իջնում է 32% կամ 228±39-ից մինչև 156±34 կալ/րոպե։

Ստացված արդյունքների հիման վրա կարելի է եզրակացնել, որ սերոտոնինի ներերակային ներարկումը իջեցնում է օրգանիզմի «կորիզի» և «թաղանթի» ջերմությունը և բարձրացնում օրգանիզմի ջերմատարողությունը։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Р. А. Арутюнян.* Физиол. журн. СССР, т. 71, с. 835—840 (1985). [2] *В. Н. Гурин.* Центральные механизмы терморегуляций, Беларусь, Минск, 1980. [3] *J. T Stitt*, J. Physiol., v. 232, p. 163–179 (1973). [4] *W. Feldberg*, In: Monoamines of hypothalamus as mediators of temperature response., N. Y. Acad. Press. p. 213—232 (1970). [5] *J. Bligh*, Basel. S Kong. p. 315–324 (1974). [6] *J. Aschoff, R Wener*, Water Wissch. v. 45, p. 20 (1958). [7] *А. В. Конусова*, в сб.: Важнейшие теоретические и практические проблемы терморегуляции, Новосибирск. Наука, с. 28–30 (1982). [8] *Е. В. Науменко. Н. К. Попова*, Серотонин и мелатонин в регуляции эндокринной системы, Новосибирск, Наука, М., 1975. [9] *I. Guervek*, In: Handbook of Pharmacology, New York, p. 471, 1966. [10] *S Garattini, L. Vakrelli*, In: Elsevier. Co. Amsterdam. p. 57—60 (1965). [11] *К. П. Иванов*, в сб.: Физиология терморегуляции, Л., Наука, с. 113–137 (1984). [12] *Р. А. Арутюнян*, Биол. журн. Армении, т. 40, №5, с. 409—412 (1987).