

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АРМЕНИИ

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

Том 94 № 3

1993

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Գ. Ա. ԱՐՁՈՒՄԱՆՅԱՆ, տեխն. գիտ. բեկ-
նաժու (պատ. ֆաբրոտար), Է. Գ. ԱՅ-
ԼԻԿՅԱՆ, Հայաստանի ԳԱԱ ակադեմիկոս,
Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, Հայաստանի ԳԱԱ րդր.
անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՑՈՒՄՅԱՆ, ակադե-
միկոս Վ. Հ. ԴԱԶԱՐՅԱՆ, Հայաստանի ԳԱԱ
ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղակալ),
Կ. Ս. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, Հայաստանի ԳԱԱ ա-
կադեմիկոս, Դ. Մ. ՍԵՒՐԱԿՅԱՆ, Հայաս-
տանի ԳԱԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբա-
գիր), Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻԿԱՅԵԼՅԱՆ, Հայաս-
տանի ԳԱԱ ակադեմիկոս, Վ. Բ. ՅԱ-
ՆԱՐՁՅԱՆ, Հայաստանի ԳԱԱ ակադեմիկոս:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Г. А.
АРЗУМАНЯН, канд. техн. наук (отв.
секретарь), Э. Г. АФРИКЯН, академик
НАН Армении, В. О. КАЗАРЯН, ака-
демик НАН Армении (зам отв. редак-
тора), Г. С. СААКЯН, академик
НАН Армении, Д. М. СЕДРАКЯН,
академик НАН Армении (отв. редак-
тор), А. А. ТАЛАЛЯН, чл-корр. НАН
Армении, М. Л. ТЕР-МИКАЕЛЯН,
академик НАН Армении, В. В. ФА-
НАРДЖЯН, академик НАН Армении.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ

Ե Ր Ե Վ Ա Ն

Е Р Е В А Н

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

- Ս. Ա. Նիգիլյան — Սրագրավորման չեզոքների ֆունկցիոնալ կոնցեպցիա 131
- Ա. Գ. Բաղդասարյան — Տարբեր չափողականությունների ներդրման մի թեորեմի մասին 138
- Կ. Վ. Շահրազյան, Ս. Ա. Մովսիսյան — Հարահոսի կայունության խնդրի լուծումը, հիմնված պրոցեսների դեկոմպոզիցիայի վրա 142

ԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Մ. Ս. Մկրտչյան, Ս. Մ. Մխիթարյան — Երկայնական սահմանի ժամանակ համադրված ճաքերի պարբերական համակարգով բաղադրյալ առաձգական անվերջ մարմնի լարվածային վիճակի վերաբերյալ խնդրի լուծումը որթողոնալ բազմանդամների մեթոդով 147

ՍԵՅՍՄՈԼՈԳԻԱ

- Ս. Ս. Դաբրինյան, Ս. Ն. Նազարեթյան, Ա. Ա. Հովսեփյան — Սպիտակ թաղաթի տարածքի ելակետային օբյեկտականության մասին 154

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Մ. Ա. Սարյան — Սեյսմադինամիկա ցիստերի Սևանի հատակային նստվածքներում 160

ԷԿՈԼՈԳԻԱ

- Ի. Հ. Իսևզյան — Տեխնոգեն-անոմալ ագրոյանդաֆտների ծանր մետաղներով աղտոտվածության և դրանց դեֆոքսիկացիայի սկզբունքների մասին 165

ԻՎՈՔԻՄԻԱ

- Ա. Ս. Աղաբալյան, Լ. Ու. Նազարով, Հ. Ի. Բազիյան, Է. Բ. Հակոբյան, Ա. Հ. Բաղդասարյան, Գ. Ա. Գևորգյան, Գ. Ա. Վուխաթյան, Ռ. Ա. Վախարյան — Երկթել ՌՆԹ որպես վերքի հյուսվածքներում վերականգնման և ռեպարացիոն պրոցեսները խթանող գործոն 173

ՏՋԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Է. Ս. Հաբուբյունյան — Նոր տեսակ Macrochelidae Vitzthum, 1930 ընտանիքի Neopodotium Oud., 1912 սեռից (Parasitiformes, Mesostigmata) 178

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

- Ա. Հ. Բանտիկյան, Հ. Պ. Քոստյան — Կամրջաուղեղիկային պրոյեկցիայի էլեկտրաֆիզիոլոգիական վերլուծությունը 181
- Ք. Ի. Հաբուբյունյան, Լ. Ա. Սանակովա — Սրգան/գմի ջերմային հոմեոստազի սոմաթոթրոպինային կարգավորումը 186
- Մ. Բ. Նազարյան, Ա. Ա. Պետրոսյան, Ս. Շ. Մալուխոսյան — Վերարտադրության ընդհանուր կարգավորող համակարգում թույլունների էպիֆիզի ներգրավման հնարավոր ուղիների մասին 190

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- С. А. Нигиян — Функциональная концепция языков программирования 131
А. Г. Багдасарян — Об одной теореме вложения разных измерений 138
К. В. Шахбазян, С. А. Мовсисян — Решение задачи стабилизации конвейера, основанное на декомпозиции процессов 142

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

- М. С. Мкртчян, С. М. Мхитарян — Решение задачи о напряженном состоянии составного упругого бесконечного тела с периодической системой коллинеарных трещин при продольном сдвиге методом ортогональных многочленов 147

СЕЙСМОЛОГИЯ

- С. С. Дарбинян, С. Н. Назаретян, А. А. Овсепян — Об исходной сейсмичности территории г. Спитак 154

ГЕОЛОГИЯ

- М. А. Сатян — Сейсмодислокации в донных осадках Севана 160

ЭКОЛОГИЯ

- Р. Г. Ревазян — О токсичности тяжелых металлов в техногенно-аномальных агроландшафтах и принципах их детоксикации 165

БИОХИМИЯ

- А. С. Агабалян, Л. У. Назаров, А. Р. Базиан, Э. Б. Акопян, А. А. Багдасарян, Г. А. Геворкян, Г. А. Чухаджян, Р. А. Захарян — дсРНК как фактор, стимулирующий регенеративные и репаративные процессы в реневых тканях 173

АКАРОЛОГИЯ

- Э. С. Арутюнян — Новый вид рода *Neopodocinum* Oudemans, 1902 семейства *Macrochelidae* Vitzthum, 1930 (Parasitiformes, Mesostigmata) 178

ФИЗИОЛОГИЯ

- А. О. Бантикян, О. П. Косоян — Электрофизиологический анализ мозсто-мозжечковой проекции 181
К. Р. Арутюнян, Л. А. Саакови — Соматотропиновая регуляция температурного гомеостаза организма 186
М. Б. Назарян, А. А. Петросян, С. Ш. Мартиросян — О возможных путях включения эпифиза птиц в общую регулируемую систему репродукции 190

C O N T E N T S

MATHEMATICS

- S. A. Niglyan* — Functional conception of programming languages 131
- A. G. Bagdassarian* — About one embedding theorem of different dimension 138
- K. V. Shakhbazian, S. A. Movsisian* — The solution of pipe-line stabilization problem founded on process decomposition 142

THEORY OF ELASTICITY

- M. S. Mertschian, S. M. Akhitarian* — The solution of the problem on stress condition of the composite elastic nonlinear body with periodical system of collinear cracks during the longitudinal displacement by the method of orthogonal polynomials 147

SEISMOLOGY

- S. S. Darbinian, S. N. Nazaretian, A. A. Hovsepian* — On startling seismology Spitac's territory 154

GEOLOGY

- M. A. Sattian* — Seismic dislocations in bottom sediment of Sevan 160

ECOLOGY

- R. G. Revazian* — On toxicity of the heavy metals in the technogen-anomalous agrolandscapes and their detoxication principles 165

BIOCHEMISTRY

- A. S. Agutalian, L. U. Nazarov, A. R. Beziar, E. B. Hachpian, A. A. Bagdasarian, G. A. Gevorgyan, G. A. Chukhajian, R. A. Zacharian* — dsRNA, as a factor, stimulating regenerative and reparative processes in wounds tissue 173

ACARCOLOGY

- E. S. Arutunian* — A new species of the genus *Neopodocnum* Oudemans, 1912 of the family Macrochelidae Vitzthum, 1930 (Parasitiformes, Mesostigmata) 178

PHYSIOLOGY

- A. H. Panikian, H. P. Kosoyan* — Electrophysiological analysis of pontocerebellar projection 181
- A. R. Harutunian, L. A. Sahakova* — The somatotropin regulation of temperature homeostasis of the organism 186
- M. B. Nazarian, A. A. Petrosian, S. Sh. Martirosian* — On the possible ways for including of bird epiphys in general regulating system of reproduction 190

Сдано в набор 21. 10. 1993 г. Подписано к печати 21. 03. 1994 г.

Формат 70 × 108^{1/16}. Бумага № 1, сыктывкарская. Высокая печать. Печ. лист 4.0.

Усл. печ. л. 5.6. Усл. кр. отт. 5.6. Учет. изд. л. 3.97. Тираж 200. Заказ № 117.

Цена 3 драм.

Адр. ред.: 375019. Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24-г, III эт., к. 13, т. 27-36-95.

Издательство Национальной академии наук Армении.

375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24-г.

Типография Издательства Национальной академии наук Армении.

375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24.

МАТЕМАТИКА

УДК 519.682.1

С. А. Нигяян

Функциональная концепция языков программирования

(Представлено чл.-корр. НАН Армении А. Б. Нерсисяном 4/XI 1991)

Обсуждается функциональный взгляд на языки программирования, при котором программы языка рассматриваются как системы уравнений, построенные с использованием монотонных типов высших порядков над частично упорядоченным множеством M , содержащим неопределенный элемент $\perp$, который является наименьшим элементом множества M , и каждый элемент из M сравним только с $\perp$ и с самим собой. Так мы приходим к определению функционального языка программирования, множество программ которого определяется заданием множеств M , C , X , T , где C —множество констант монотонных типов, X —множество переменных монотонных типов, T —некоторое подмножество множества λ -термов, построенных из элементов множеств C и X . Каждое уравнение программы имеет вид $F = t$, где $F \in X$, $t \in T$, и тип терма t согласован с типом переменной F . В этих условиях каждая программа имеет наименьшее решение (теорема 1), главную функцию которого (функцию, соответствующую первому уравнению программы и принадлежащую типу порядка 1) будем считать семантикой программы. Естественно, должен существовать алгоритм (интерпретатор), который бы для каждой программы языка вычислял значения ее главной функции. В работе рассматривается класс функциональных языков L , использующих переменные и эффективно представимые константы любых порядков; описан универсальный интерпретатор для класса языков L (теорема 2). К классу L принадлежат все широко распространенные алгоритмические языки, такие, как: язык рекурсивных функций Гёделя-Эрбрана ⁽¹⁾, функциональный язык Бэкуса ⁽²⁾, Лисп ⁽³⁾, язык нормальных алгоритмов Маркова ⁽¹⁾, язык машин Тьюринга ⁽¹⁾, Рефал ⁽⁴⁾, процедурные языки: Фортран, Алгол, Паскаль и т. д. В работе также приведен пример функционального языка программирования $L_0 \in L$, так как L_0 использует монотонный, но не непрерывный функционал. Описан интерпретатор языка L_0 и тем самым проиллюстрировано то, как могут конструироваться интерпретаторы для таких языков.

1. **Формализация.** Зафиксируем непустое множество M . Введем понятие типа: 1) множество M есть тип; 2) любое непустое подмножество типа есть тип; 3) если $\beta, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ ($k > 0$) — типы, то множество всех отображений из $\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k$ в β (обозначим $\{\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k \rightarrow \beta\}$) есть тип; 4) других типов, кроме определенных согласно 1—3, нет. Каждому типу α сопоставим натуральное число $\text{ord } \alpha$, называемое его порядком. Если $a \in M$, то $\text{ord } a = 0$, если же $a \in \{\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k \rightarrow \beta\}$, где $\beta, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ ($k > 0$) — типы, то $\text{ord } a = \max(\text{ord } \alpha_1, \dots, \text{ord } \alpha_k, \text{ord } \beta) + 1$. Если x — переменная типа α и $c \in \alpha$, то $\text{ord } x = \text{ord } c = \text{ord } \alpha$. Если $c \in \{\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k \rightarrow \beta\}$, где $\beta, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ ($k > 0$) — типы, то через $\text{Arg } c$ обозначим $\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k$.

Пусть C — множество констант некоторых типов, X — множество переменных некоторых типов. Определим множество термов $T(C, X)$. Каждому терму t сопоставим: а) множество переменных, от которых t зависит — $\text{var } t$; б) тип терма t — $\text{type } t$; в) если $\text{var } t \subset \{y_1, \dots, y_n\}$, $y_0 = \langle y_1^0, \dots, y_n^0 \rangle$, где $y_i^0 \in \alpha_i$, α_i — тип переменной y_i , то терму t сопоставим константу $\text{val}_{y_0}^-(t)$, $i = 1, \dots, n$, $n > 0$.

Определение терма:

1) если $c \in C$, то $c \in T(C, X)$, $\text{var } c = \emptyset$, $\text{val}_{y_0}^-(c) = c$, $\text{type } c = \{c\}$;
2) если $x \in X$, то $x \in T(C, X)$, $\text{var } x = \{x\}$, $\text{val}_{y_0}^-(x) = y_i^0$, если $x = y_i$ ($1 \leq i \leq n$), $\text{type } x = \alpha$, где α — тип переменной x ;

3) пусть $\tau, t_1, \dots, t_k \in T(C, X)$, $k > 0$, $\beta, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ — типы такие, что $\text{type } \tau \subset \{\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k \rightarrow \beta\}$, $\text{type } t_i \subset \alpha_i$, $i = 1, \dots, k$, тогда $\tau(t_1, \dots, t_k) \in T(C, X)$ и, если $t = \tau(t_1, \dots, t_k)$, то $\text{var } t = \text{var } \tau \cup \text{var } t_1 \cup \dots \cup \text{var } t_k$, $\text{val}_{y_0}^-(t) = \text{val}_{y_0}^-(\tau)(\text{val}_{y_0}^-(t_1), \dots, \text{val}_{y_0}^-(t_k))$, $\text{type } t = \{\text{val}_{y_0^0, \dots, y_n^0}^-(t) \mid y_i^0 \in \text{type } y_i, i = 1, \dots, n\}$;

4) пусть $\tau \in T(C, X)$, $x_1, \dots, x_k \in X$, $k > 0$ и, если $i \neq j$, то $x_i \neq x_j$ ($1 \leq i, j \leq k$), тогда $\lambda x_1 \dots x_k [\tau] \in T(C, X)$ и, если $t = \lambda x_1 \dots x_k [\tau]$, то $\text{var } t = \text{var } \tau \setminus \{x_1, \dots, x_k\}$, $\text{val}_{y_0}^-(t) \in \{\text{type } x_1 \times \dots \times \text{type } x_k \rightarrow \text{type } \tau\}$ и, если $\text{var } t = \{y_1, \dots, y_m\}$, $0 \leq m \leq n$, $y_0 = \langle y_1^0, \dots, y_m^0 \rangle$, то для всяких $x_j^0 \in \text{type } x_j$, $j = 1, \dots, k$, $\text{val}_{y_0}^-(t)(\bar{x}_0) = \text{val}_{y_0, x_0}^-(\tau)$, где $\bar{x}_0 = \langle x_1^0, \dots, x_k^0 \rangle$, $\text{type } t$ определяется так же, как в пункте 3;

5) других термов, кроме определенных согласно 1—4, нет.

Рассмотрим систему уравнений

$$\begin{cases} F_1 = \tau_1 \\ \vdots \\ F_n = \tau_n \end{cases} \quad (1)$$

где $F_i \in X$ и, если $i \neq j$, то $F_i \neq F_j$, $\tau_i \in T(C, X)$, $\text{type } \tau_i \subset \text{type } F_i$, $\text{var } \tau_i \subset \{F_1, \dots, F_n\}$, $i, j = 1, \dots, n$, $n \geq 1$.

Условимся обозначать через F множество $\text{type } F_1 \times \dots \times \text{type } F_n$ и через φ — отображение $F \rightarrow F$, определяемое следующим образом:

$\varphi(\bar{g}) = \langle \text{val}_{\bar{g}}(\tau_1), \dots, \text{val}_{\bar{g}}(\tau_n) \rangle$ для любого $\bar{g} \in F$. Через $(\bar{g})_i$ обозначим i -ю компоненту вектора $\bar{g} \in F$, $i = 1, \dots, n$. Будем говорить, что $\bar{f} \in F$ есть решение системы (1), если $\varphi(\bar{f}) = \bar{f}$.

Пусть A, B — частично упорядоченные множества (ч. у. м.) и f, g — некоторые отображения из A в B , тогда $f \leq g$, если для любого $a \in A$, $f(a) \leq g(a)$ ($\leq$ — символ частичного порядка); f — монотонное отображение, если для любых $a, b \in A$ таких, что $a \leq b$, имеем $f(a) \leq f(b)$. Ч. у. м. назовем замкнутым, если всякое его линейно упорядоченное (л. у.) подмножество имеет $\sup$. Отметим, что всякое замкнутое множество имеет наименьший элемент — $\sup \emptyset$.

Пусть M — ч. у. м., содержащее наименьший элемент $\perp$ и каждый элемент из M сравним только с $\perp$ и с самим собой. Введем понятие монотонного типа: 1) множество M есть монотонный тип; 2) если $\beta, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ ($k > 0$) — монотонные типы, то множество всех монотонных отображений из $\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k$ в β (обозначим $[\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k \rightarrow \beta]$) есть монотонный тип; 3) других монотонных типов, кроме определенных согласно 1—2, нет. Отметим, что всякий монотонный тип является замкнутым множеством. Константы и переменные монотонных типов условимся называть монотонными; системы уравнений (1) использующие только монотонные константы и переменные — монотонными системами уравнений.

Рассмотрим монотонную систему уравнений (1). Пусть O — множество всех ординалов, отвечающих мощностям, не превосходящим мощность множества F . Определим отображение $\gamma: O \rightarrow F$ следующим образом: $\gamma(0) = \Omega$, где Ω — наименьший элемент множества F , $\gamma(\xi) = \varphi(\xi')$, если $\xi = \xi' + 1$ для некоторого ординала ξ' , $\gamma(\xi) = \sup \{\gamma(\eta) \mid \eta < \xi\}$, если $\xi > 0$ и не существует такого ординала ξ' , что $\xi = \xi' + 1$.

Теорема 1. *Монотонная система уравнений (1) имеет наименьшее решение $\bar{f} = \sup \{\gamma(\xi) \mid \xi \in O\}$.*

Функциональный язык L определяется заданием четверки множеств M, C, X, T , где M — ч. у. м., содержащее неопределенный элемент $\perp$, который является наименьшим элементом множества M , и каждый элемент из M сравним только с $\perp$ и с самим собой; C — некоторое множество монотонных констант; X — некоторое множество монотонных переменных; $T \subset T(C, X)$. Обозначим через $P(L)$ множество систем уравнений (1) таких, что $\tau_i \in T$, $\text{type } F_i = [M^k \rightarrow M]$, $k \geq 1$, $i = 1, \dots, n$. Будем говорить, что функция $f \in [M^k \rightarrow M]$ ($k \geq 1$) представима в языке L , если существует такая система $P \in P(L)$, что если $\bar{f}$ — ее наименьшее решение, то $(\bar{f})_i = f$. Обозначим $(\bar{f})_i$ через f_P , а k — через γ_P . Функциональный язык L назовем функциональным языком программирования, если существует такой алгоритм U , что для любых $P \in P(L)$ и $\bar{m} \in M^{\gamma_P}$ имеем: если $f_P(\bar{m}) = m \neq \perp$, то $U(P, \bar{m}) = m$, если же $f_P(\bar{m}) = \perp$, то либо $U(P, \bar{m}) = \perp$, либо U

на P и $\bar{m}$ функционирует бесконечно. В этом случае $P(L)$ будем называть множеством программ, а U — интерпретатором языка L .

2. Интерпретация. Будем говорить, что монотонная константа ψ порядка >2 эффективно представима, если существует такая монотонная система уравнений (1), что всякая константа порядка 1, используемая системой, является вычислимой функцией, система не использует констант, порядок которых >1 и, если $\bar{f}$ — ее наименьшее решение, то $\psi = (\bar{f})_1$. Систему (1) назовем эффективным представлением ψ , а уравнение $F_1 = \tau_1$ главным уравнением данного представления.

Определим класс функциональных языков L . Класс L состоит из всех тех функциональных языков, которые используют монотонные переменные и константы любых порядков, причем константы порядка 1 являются вычислимыми функциями, а константы порядков ≥ 2 эффективно представимы.

Теорема 2. *Всякий язык $L \in L$ является функциональным языком программирования.*

Доказательство теоремы 2 основано на лемме 2. Доказательство же леммы 2 использует теорему 1 и лемму 1. Для формулировки этих двух лемм нам необходимо ввести ряд понятий.

На всяком замкнутом множестве A определим топологию следующим образом. Множество $S \subset A$ является открытым, если:

- 1) $a \in S$ и $a \leq b \Rightarrow b \in S$;
- 2) $D \neq \emptyset$, $D \subset A$, D — л. у. м. и $\sup D \in S \Rightarrow D \cap S \neq \emptyset$.

Далее будем считать, что на всяком замкнутом множестве определена такая топология. Тогда, если A, B — замкнутые множества и $f: A \rightarrow B$, то f — непрерывно $\Leftrightarrow f(\sup D) = \sup f(D)$ для любого непустого л. у. $D \subset A$. Легко показать, что всякое непрерывное отображение монотонно.

Пусть M — ч. у. м., содержащее наименьший элемент $\perp$ и каждый элемент из M сравним только с $\perp$ и с самим собой. Введем понятие непрерывного типа: 1) множество M есть непрерывный тип; 2) если $\beta, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ ($k > 0$) — непрерывные типы, то множество всех непрерывных отображений из $\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k$ в β (обозначим $(\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k \rightarrow \beta)$) есть непрерывный тип; 2) других непрерывных типов, кроме определенных согласно 1—2, нет.

Определение корректно, так как всякий непрерывный тип является замкнутым множеством. Константы и переменные непрерывных типов условимся называть непрерывными; системы уравнений (1), использующие только непрерывные константы и переменные, — непрерывными системами уравнений.

Лемма 1. *Непрерывная система уравнений (1) имеет наименьшее решение $\bar{f} = \sup \{\varphi^k(\Omega) \mid k < \omega\}$, где Ω — наименьший элемент множества F , $\varphi^0(\Omega) = \Omega$, $\varphi^{k+1}(\Omega) = \varphi(\gamma^k(\Omega))$, $k < \omega$, ω — ординал, соответствующий натуральному ряду.*

Каждому монотонному типу α сопоставим непрерывный тип $\bar{\alpha}$ следующим образом: если $\alpha = M$, то $\bar{\alpha} = M$, если же $\alpha = [\alpha_1 \times \dots \times \alpha_k \rightarrow \beta]$, где $\beta, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ ($k > 0$) — монотонные типы, то $\bar{\alpha} = [\bar{\alpha}_1 \times \dots \times \bar{\alpha}_k \rightarrow \bar{\beta}]$. Каждой монотонной переменной x типа α сопоставим непрерывную переменную $\bar{x}$ типа $\bar{\alpha}$. Некоторые монотонные константы мы назовем проецируемыми.

Определение проецируемой константы: 1) всякая монотонная константа порядка 0 или 1 и всякая монотонная константа порядка 2, которая непрерывна, будут проецируемыми, проекциями этих констант являются они сами; 2) пусть $\delta \in \alpha$, где α — монотонный тип и $\text{ord } \alpha = n \geq 3$, тогда δ будет проецируемой константой, если существует такая непрерывная константа $\bar{\delta} \in \bar{\alpha}$, называемая ее проекцией, что для любых векторов $\bar{\sigma}_{n-1}, \dots, \bar{\sigma}_{n-k}$ ($1 \leq k \leq n-2$), состоящих из проецируемых констант, и векторов их проекций $\bar{\sigma}_{n-1}, \dots, \bar{\sigma}_{n-k}$ таких, что $\bar{\sigma}_{n-1} \in \text{Arg } \delta$, $\bar{\sigma}_{n-2} \in \text{Arg } \delta(\bar{\sigma}_{n-1})$, $\dots$, $\bar{\sigma}_{n-k} \in \text{Arg } \delta(\bar{\sigma}_{n-1}) \dots (\bar{\sigma}_{n-k+1})$, $\text{ord } \delta(\bar{\sigma}_{n-1}) \dots (\bar{\sigma}_{n-k}) \leq 2$, имеем: $\delta(\bar{\sigma}_{n-1}) \dots (\bar{\sigma}_{n-k}) = \bar{\delta}(\bar{\sigma}_{n-1}) \dots (\bar{\sigma}_{n-k})$; 3) других проецируемых констант, кроме определенных согласно 1—2, нет.

Монотонную систему уравнений, использующую только проецируемые константы, назовем проецируемой.

Непрерывную систему $\bar{P}$ назовем проекцией проецируемой системы P , если она получена из P в результате замены всех вхождений монотонных переменных соответствующими непрерывными переменными и всех вхождений проецируемых констант — их проекциями.

Лемма 2. Пусть P — проецируемая система уравнений вида (1) и $\bar{P}$ — ее проекция. Тогда, если $\langle f_1, \dots, f_n \rangle$ — наименьшее решение системы P , а $\langle \bar{f}_1, \dots, \bar{f}_n \rangle$ — наименьшее решение системы $\bar{P}$, то для каждого $i = 1, \dots, n$ f_i — проецируемая константа, $\bar{f}_i$ — проекция константы f_i и для тех $i = 1, \dots, n$, для которых $\text{ord } f_i \leq 2$, имеем: $f_i = \sup \{(\varphi^k(\Omega))_i \mid k < \omega\}$, где Ω — наименьший элемент множества F , $\varphi^0(\Omega) = \Omega$, $\varphi^{k+1}(\Omega) = \varphi(\varphi^k(\Omega))$, $k < \omega$, ω — ординал, соответствующий натуральному ряду.

Из леммы 2 следует, что всякая эффективно представимая константа проецируема и всякий эффективно представимый функционал (константа порядка 2) непрерывен.

Доказательство теоремы 2 заключается в описании интерпретатора для любого языка $L \in \mathcal{L}$. Интерпретатор языка $L \in \mathcal{L}$, получив на вход программу $P \in \mathcal{P}(L)$ и $\bar{m} \in M^{\bar{P}}$, делает следующие ша-

ги. Добавляет к P эффективные представления всех констант порядков ≥ 2 , используемых в программе P . Заменяет вхождение константы порядка ≥ 2 переменной, используемой в левой части главного уравнения ее эффективного представления. В результате выполнения этих двух шагов будет получена система уравнений $\bar{P}$, использующая только такие константы, порядки которых ≤ 1 и $f_P = f_{\bar{P}}$. Далее интерпретатор выполняет третий, заключительный шаг, который обосновывается леммой 2. Вычисляется $\sup \{(\bar{\varphi}^k(\bar{\Omega})), (\bar{m}) \mid k < \omega\} = f_{\bar{P}}(\bar{m})$, где $\bar{\varphi}$ — отображение, а $\bar{\Omega}$ — наименьший элемент, соответствующие системе $\bar{P}$.

В заключение приведем пример функционального языка программирования $L_0 \subset L$, использующего монотонный, но не непрерывный функционал θ , и опишем его интерпретатор.

Язык L_0 . Определим множества M, C, X, T .

$M = Z \cup \{\perp\}$, где Z — множество целых чисел.

$C = \{+, -, >, <, \text{if-then-else}, \delta\} \cup M$.

Определим только функционал θ , так как остальные элементы C определяются традиционным образом. Отметим, что здесь 0 и 1 будут соответствовать «истине» и «лжи» соответственно.

$\theta \in [|M \rightarrow M| \rightarrow M]$ и, если $f \in [M \rightarrow M]$, то

$$\theta(f) = \begin{cases} 0, & \text{если } \forall z \in Z, f(z) \neq \perp, \\ \perp, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$X = \{x, y\} \cup \{F_i^{(1)}, F_i^{(2)} \mid i \geq 1\},$$

где

$$\text{type } x = \text{type } y = M, \quad \text{type } F_i^{(1)} = [M \rightarrow M],$$

$$\text{type } F_i^{(2)} = [M^2 \rightarrow M], \quad i \geq 1.$$

T состоит из термов вида: $\lambda x [\text{if } e(x, c) \text{ then } t_1 \text{ else } t_2]$ и $\lambda xy [\text{if } \pi \times \times \text{ then } \tau_1 \text{ else } \tau_2]$, где $e \in \{>, <\}$, $c \in Z$; t_1, t_2 имеют вид: $m, x, F_i^{(1)}(x)$, где $m \in M, i \geq 1$; π имеет вид $\theta(F_i^{(1)}), e(F_i^{(1)}(x), y), e(F_i^{(1)}(x), c), e(x, y), e(x, c), e(y, c)$, где $e \in \{>, <\}$, $c \in Z, i \geq 1$; τ_1, τ_2 имеют вид $a, F_i^{(1)}(a), F_i^{(2)}(a, b)$, где $\text{type } a \subset M, \text{type } b \subset M$, a, b используют элементы множеств $M \cup \{+, -\}, \{x, y\}$ и не используют λ .

Рассмотрим уравнение

$$F_0 = \lambda Fuv [\text{if } u = v \text{ then } f_0(F(v)) \text{ else } F_0(F, u, v - 1) + f_0(F(v))], \quad (2)$$

где

$$\text{type } u = \text{type } v = M, \quad \text{type } F_0 = [|M \rightarrow M| \times M \times M \rightarrow M],$$

$$\text{type } F = [M \rightarrow M], \quad f_0(\perp) = \perp, \quad f_0(m) = 0, \quad \text{если } m \neq \perp.$$

Интерпретатор языка L_0 , получив на вход любую программу $P \in P(L_0)$ и $\bar{m} \in M^{\gamma_P}$, добавляет к системе P уравнение (2) и все термы вида $\theta(F_l^{(1)})$, $l \geq 1$ заменяет на $F_0(F_l^{(1)}, c_{\min}^{(1)} - 1, c_{\max}^{(1)} + 1)$, где $c_{\min}^{(1)}, c_{\max}^{(1)} \in \mathbb{Z}$ и являются минимальным и максимальным из чисел, используемых в подсистеме, главным уравнением которой является уравнение с левой частью $F_0^{(1)}$. Далее интерпретатор функционирует так, как в шаге 3 доказательства теоремы 2.

Ереванский государственный университет

Ս. Ա. ՆԻՉԻՅԱՆ

Մազրավորման լեզուների ֆունկցիոնալ կոնցեպցիա

Տրված է ծրագրավորման ֆունկցիոնալ լեզվի և նրա սեմանտիկայի սահմանումը: Մազրավորման այն ֆունկցիոնալ լեզուների համար, որոնք օգտագործում են ցանկացած կարգի մոնոտոն տիպի փոփոխականներ և էֆեկտիվ ներկայացվող հաստատուններ, նկարագրված է ունիվերսալ ինտերպրետատոր: Բերված է ֆունկցիոնալ լեզվի ախտախտի օրինակ, որն օգտագործում է մոնոտոն, բայց ոչ անընդհատ, հեռավար ոչ էֆեկտիվ ներկայացվող ֆունկցիոնալ և նկարագրված է նրա ինտերպրետատորը: Բերված օրինակից երևում է, թե ինչպես կարելի է կառուցել ինտերպրետատորներ այդպիսի լեզուների համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԿԿՆՈՒՄՆԵՐՆԵՐ

- ¹ А. И. Мальцев, Алгоритмы и рекурсивные функции, Наука, М., 1986.
- ² J. Backus, ACM Communication, t. 21, № 8, p. 613—611 (1978).
- ³ П. Хендерсон, Функциональное программирование. Применение и реализация, Мир, М., 1983.
- ⁴ В. Ф. Турчин, Программирование на языке Рефал, ИПМ АН СССР, М., № 1; 2, (1971).

УДК 517.5

А. Г. Багдасарян

Об одной теореме вложения разных измерений

(Представлено чл.-корр. НАН Армении А. Б. Нерсисяном 3/VI 1992)

Первые результаты по проблеме вложений разных измерений для пространств С. Л. Соболева были получены С. Л. Соболевым ⁽¹⁾ и дополнены затем В. И. Кондрашевым и В. П. Ильиным. Эти результаты формулировались в терминах W -пространств и, как выяснилось, не могли иметь замкнутой формы в терминах этих пространств ($p \neq 2$).

Первые окончательные результаты были получены Ароншайном, Слободецким, Гальярдо. Для пространств Никольского—Бесова прямые и обратные теоремы вложения разных измерений были доказаны С. М. Никольским ^(2,3) и О. В. Бесовым ^(4,5). Л. Р. Волевичем и Б. П. Панеяхом ⁽⁶⁾ описаны следы функций из достаточно общих гильбертовых пространств. Следующим шагом в этом направлении является введение и изучение (в частности доказательство теорем о следах) пространств типа H Соболева—Лиувилля и B Никольского—Бесова, порожденных вполне правильным многогранником N (см. ⁽⁷⁾). В ⁽⁸⁾ при доказательстве теоремы о следах рассматривались вполне правильные многогранники с единственной вершиной вне R_{n-1} , лежащей на n -той координатной оси, и полные многогранники, полученные его срезом плоскостью, параллельной R_{n-1} . Было установлено, что пространства H_p , порожденные этими многогранниками, имеют одни и те же пространства следов, если срез отстоит от R_{n-1} на расстоянии большем, чем $1/p$. Следовательно, все остальные пространства между ними имеют то же пространство следов. Тот же факт обнаруживается в настоящей статье и в случае произвольного выпуклого, вполне правильного многогранника.

В статье приводится теорема вложения разных измерений (прямая и обратная) для пространств H и B , порожденных произвольным выпуклым, вполне правильным многогранником, у которого n -ые координаты всех вершин вне R_{n-1} больше, чем $1/p$.

Будем пользоваться следующими обозначениями:

R_n — n -мерное евклидово пространство,

$$R_n^+ = \{x; x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R_n, x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n\}.$$

Определение 1. Непустой многогранник N , с вершинами из R_n назовем полным, если начало координат R_n является вершиной N и N имеет вершины на каждой оси координат R_n , отличные от начала координат.

Полный многогранник N назовем вполне правильным, если внешние нормали $(n-1)$ -мерных некоординатных граней N имеют только положительные координаты.

Рассмотрим выпуклый, вполне правильный многогранник N . Пусть вершины многогранника N имеют следующие n -тые координаты: $0, m_1, \dots, m_N$, причем $0 < m_1 < m_2 < \dots < m_N$.

Пусть далее N_0 — проекция многогранника N на R_{n-1}^+ , а N_1 — проекция на R_{n-1}^+ сечения многогранника N плоскостью $x_n = m_1$.

Сопоставим многограннику N функции

$$v(\xi) = \left(\sum_i (1 + \xi_i^2)^{\alpha_i} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \mu(\xi) = (v^2(\xi) - A)^{\frac{1}{2}},$$

где сумма берется по всем вершинам многогранника N (количество которых обозначим через A), кроме начала координат и

$$a = (a_1, \dots, a_n) \in R_n^+.$$

Определение 2. Пусть $\sigma(\xi)$ — бесконечно дифференцируемая функция в R_n , имеющая полиномиальный рост, $-\infty < s < \infty$, $1 < p < \infty$.

Положим

$$H_p^s(\sigma; R_n) = \{f \in S'; \|f\|_H = \|F^{-1} \sigma^s F f\|_{L_p(R_n)} < \infty\}.$$

Определение 3. Пусть $\lambda(\xi)$ — непрерывная в R_n и бесконечно дифференцируемая в $R_n \setminus \{0\}$ функция полиномиального роста такая, что $\lambda(\xi) > 0$, $\xi \neq 0$, $\lambda(0) = 0$, $\lim_{|\xi| \rightarrow \infty} \lambda(\xi) = \infty$.

Через $\Phi(\lambda; R_n)$ обозначим множество систем функций, обладающих следующими свойствами:

$$a) \varphi_k \in S(R_n), \quad (F\varphi_k)(\xi) \geq 0, \quad k = 0, 1, 2, \dots;$$

$$b) \operatorname{supp} F\varphi_k \subset \{\xi \in R_n; 2^{k-1} \leq \lambda(\xi) \leq 2^{k+1}\}, \quad k = 1, 2, \dots;$$

$$\operatorname{supp} F\varphi_0 \subset \{\xi \in R_n; \lambda(\xi) \leq 2\};$$

$$в) \sum_{k=0}^{\infty} (F\varphi_k)(\xi) = 1, \quad \xi \in R_n;$$

$$г) \|F\varphi_k\|_{M_p} \leq c, \quad k = 1, 2, \dots; \quad c > 0, \quad 1 < p < \infty.$$

Здесь M_p — множество мультипликаторов Фурье типа (p, p) .

Пример системы из $\Phi(\lambda; R_n)$ приведен в (8).

Определение 4. Пусть $1 < p < \infty$, $1 \leq q < \infty$, $-\infty < s < \infty$, $\{\varphi_k\}_{k=0}^\infty \in \Phi(\lambda; R_n)$. Положим

$$B_{p,q}^s(\lambda; R_n) = \{f \in S'; \|f\|_B = \|f * \varphi_k\|_{L_q(L_p(R_n))} < \infty\}.$$

Определение пространств $L_q(L_p)$ можно найти, например, в (9).

Пусть функции $v_0(\xi')$ и $v_1(\xi')$ отвечают многогранникам N_0 и N_1 подобно тому, как функция $v(\xi)$ отвечает многограннику N . Положим далее

$$\lambda(\xi') = \left(|A_0^{-1} v_0^2(\xi')|^{s - \frac{1}{pm_1}} \cdot |A_1^{-1} v_1^2(\xi')|^{\frac{1}{pm_1}} - 1 \right)^{\frac{1}{2}},$$

где A_0, A_1 — количество вершин многогранников N_0, N_1 , отличных от начала координат.

Определим оператор следа соотношением

$$T_r f = f(x', 0), \quad x' = (x_1, \dots, x_{n-1}), \quad f \in S.$$

Наша цель — описание следов функций из $H_p^s(v; R_n)$ и $B_{p,q}^s(\mu; R_n)$ при этом на функциях из этих пространств оператор T_r понимается как расширение по непрерывности определенного выше оператора следа.

Теорема. Пусть $1 < p < \infty$, $1 \leq q < \infty$, $s \cdot m_1 > \frac{1}{p}$. Тогда оператор следа есть ретракция

$$a) H_p^s(v; R_n) \text{ на } B_{p,p}^1(\lambda; R_{n-1}),$$

$$б) B_{p,q}^s(\mu; R_n) \text{ на } B_{p,q}^1(\lambda; R_{n-1}).$$

Это означает (см. (9)), что оператор следа — линейный ограниченный оператор, для которого существует линейный ограниченный оператор продолжения σ такой, что $T_r \sigma = E$.

Частный случай этой теоремы был установлен в (8), где рассматривался многогранник с единственной вершиной вне R_{n-1} , лежащей на n -той координатной оси. Такие многогранники обладают тем свойством, что их проекции на R_{n-1} подобны всем многогранникам, полученным срезом плоскостью, параллельной R_{n-1} . Соответствующие пространства в R_{n-1} типа H (или B) отличаются друг от друга только верхним индексом, что существенно облегчает доказательство теоремы о следах.

В нашем случае приходится иметь дело с пространствами разной анизотропии. Доказательство приведенной теоремы основано на интерполяции пространств типа H (или B) разной анизотропии (срезы не подобны).

Рассмотрим ту часть многогранника N , которая заключена между ее проекцией на R_{n-1} и первым срезом (срезом, проходящим через вершину вне R_{n-1} с наименьшей n -той координатой). Обозначим

соответствующее пространство типа H через H^s . Ясно, что $H_p^s(v; R_n) \subset H^s$.

Наряду с этим пространством находится пространство H_{∞}^s , которое вложено в $H_p^s(v; R_n)$ и такое, что $Tr H_{\infty}^s = Tr H^s$. Ясно, что тогда $Tr H^s$ является одновременно и пространством следов пространства $H_p^s(v; R_n)$.

Пространство $Tr H^s$ описывается с помощью интерполяции пространств, соответствующих проекции и первому срезу многогранника N .

Аналогичные рассуждения проводятся и для B -пространств.

Ереванский государственный
университет

Ա. Վ. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ

Տարբեր շափողականությունների ներդրման մի քեֆեմի մասին

Հոդվածում բերվում է թեորեմ, որի օգնությամբ որոշվում են ուռուցիկ, չիռվիկ կանոնավոր բազմանիստով ծնված Սորուկ-Լիուվիլի և Նիկոլսկի-Բեսովի տիպի տարածությունների հետքերի տարածությունները: Պարզվում է, որ այդ տարածությունները կախված են միայն բազմանիստի սկզբնական մասից (մինչև R_{n-1} -ից դուրս առաջին գագաթին հանդիպելը):

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒՄՆԵՐ

- ¹ С. Л. Соболев, Мат. сб., т. 4, № 46, с. 471—497 (1938). ² С. М. Никольский, Тр. МИАН СССР, т. 38, с. 244—278 (1951). ³ С. М. Никольский, Мат. сб., т. 33, № 75, с. 261—326 (1953). ⁴ О. В. Бесов, Тр. МИАН СССР, т. 60, с. 42—81 (1961). ⁵ О. В. Бесов, ДАН СССР, т. 126, № 6, с. 1163—1165 (1959). ⁶ Л. Р. Волевич, Б. П. Панеях, УМН, т. 20, № 1, с. 3—74 (1965). ⁷ В. П. Михайлов, Тр. МИАН СССР, т. 91, с. 59—81 (1967). ⁸ А. Г. Багдасарян, Изв. АН АрмССР. Математика, т. 23, № 4, с. 353—365 (1988). ⁹ Я. Берг, Я. Лёфстрём, Интерполяционные пространства. Введение, Мир, М., 1980.

УДК 519.6

К. В. Шахбазян, С. А. Мовсисян

Решение задачи стабилизации конвейера, основанное на декомпозиции процессов

(Представлено чл.-корр. НАН Армении Ю. Г. Шукурбяном 3/IX 1992)

Рассмотрим произвольный ориентированный граф $G = (V_G, U_G)$. Свяжем с графом G конечный автомат $K(G)$, который будем называть *конвейером*. Каждой вершине $v \in V_G$ с $m_v \neq 0$ заходящими дугами сопоставим функцию $f_v: A^{m_v} \rightarrow A$, где A — конечный алфавит. Предполагаем, что m_v дуг, заходящих в вершину v , перенумерованы и i -ой дуге соответствует i -ый аргумент функции f_v . Рассмотрим векторы: $V_{\text{вход}} = (x_1, \dots, x_n)$ — вектор входных вершин графа G , для которых $m_{x_i} \neq 0$, $V_{\text{внутр}} = (v_1, \dots, v_r)$ — вектор внутренних вершин графа G , для которых $m_{v_i} > 0$. Пусть A — алфавит состояний вершин G , и состояние вершины v в момент t обозначим $a(v, t)$.

Состоянием конвейера $K(G)$ в момент t будем называть вектор $(a(v_1, t), \dots, a(v_r, t))$.

Входной символ конвейера $K(G)$ — произвольный вектор $\sigma \in A^n$. Поступление символа $\sigma = (b_1, \dots, b_n)$ на вход конвейера в момент t заключается в том, что каждое $x_i \in V_{\text{вход}}$ приобретает в момент t состояние $a(x_i, t) = b_i$.

Функция перехода: если задано состояние $S = (a_1, \dots, a_r)$ и входной символ $\sigma = (b_1, \dots, b_n)$, то следующее состояние $S' = (a'_1, \dots, a'_r)$ вычисляется по формуле $a'_i = f_{v_i}(c_1, \dots, c_{m_{v_i}})$ ($i = 1, \dots, r$), где

$$c_l = \begin{cases} a_l, & \text{если } l\text{-ая дуга, заходящая в } v_i, \text{ есть } (v_l, v_i) \\ b_l, & \text{если } l\text{-ая дуга, заходящая в } v_i, \text{ есть } (x_l, v_i) \end{cases}$$

Конвейер $K(G)$ определен. Сформулируем задачу стабилизации.

Бесконечную последовательность слов в алфавите A назовем *стабилизирующей*, если, начиная с некоторого места, все ее элементы совпадают. Если последовательность представляет собой повторение одного и того же слова, будем называть ее *стабильной*.

Задача стабилизации. Задан конвейер $K(G)$, его начальное состояние S_0 и стабильная входная последовательность $\Sigma = \sigma, \sigma, \dots$. Стабилизируется ли соответствующая последовательность состояний $K(G)$?

Данная работа содержит алгоритм решения задачи стабилизации, исполняющий декомпозиции процессов ⁽¹⁾ и снижающий показатель степени в оценке сложности тривиального алгоритма $O(|A|^{V_{\text{внутр}}})$.

Введем понятие процесса в конвейере $K(G)$. Рассмотрим произвольный процесс P в графе G (см. ⁽¹⁾). По определению P есть множество пар (v, t) , обладающее определенными свойствами замкнутости. Процессом P конвейера $K(G)$, соответствующим процессу P в графе G , будем называть множество троек $\bar{P} = \{v, t, a(v, t)\}$, где $a(v, t) \in A$ такое, что $\{v, t | v, t, a \in \bar{P}\} = P$. $a(v, t) = f_v(a(v_1, t-1), \dots, a(v_{m_v}, t-1))$, где $v_1, \dots, v_{m_v}$ — начало дуг, заходящих в вершину v в порядке их нумерации. Иначе говоря, в конвейерном процессе к паре v, t присоединяется третья компонента — состояние v в момент t . Очевидно, что каждому процессу P в графе соответствует некоторое множество процессов в конвейере $K(G)$, которое будем обозначать P^* .

Это определение дает возможность интерпретировать процесс вычислений в $K(G)$, т. е. последовательность состояний $S_0, S_1, S_2, \dots$, при входной последовательности $\sigma_1, \sigma_2, \dots$ как полный процесс в конвейере $K(G)$, усеченный во времени, т. е. рассматриваемый лишь для $t \geq 0$. Будем обозначать результат такого усечения процесса $\bar{P} \in P^*$ через $\bar{\bar{P}}$. Очевидно, что к усеченному полному процессу в конвейере применимы все теоремы о декомпозиции, полученные в ⁽¹⁾.

Перечислим несколько утверждений, легко вытекающих из ⁽¹⁾.

Утверждение 1. Пусть полный процесс в конвейере $K(G)$ есть $\bar{\bar{R}} = \bar{\bar{P}}_1 \cup \bar{\bar{P}}_2$. Процесс $\bar{\bar{R}}$ стабилизируется при данных S_0 и Σ тогда и только тогда, когда стабилизируются $\bar{\bar{P}}_1$ и $\bar{\bar{P}}_2$ и для всех $v \in V_{\text{внутр}}$ и достаточно больших t, t' из $v, t, a \in \bar{\bar{P}}_1, v, t', a' \in \bar{\bar{P}}_2$ следует $a = a'$.

Утверждение 2. Полный процесс $\bar{\bar{R}}$ в конвейере $K(B)$ с сильно связным графом B является объединением $k(B)$ подобных простых непересекающихся периодических процессов, соответствующих стволам графа B

$$\bar{\bar{R}} = \bar{\bar{W}}_0(B) \cup \bar{\bar{W}}_1(B) \cup \dots \cup \bar{\bar{W}}_{k(B)-1}(B),$$

где

$$\bar{\bar{W}}_j(B) = \{v, t, a(v, t) | v \in V_j(B), 0 \leq i \leq k(B) - 1,$$

$$t \equiv i + j \pmod{k(B)}, j = 0, \dots, k(B) - 1\}$$

$k(B)$ — индекс расщепления графа B , $V_0(B), \dots, V_{k(B)-1}(B)$ — разбиение V_B , определенное в ⁽¹⁾.

Пусть P — периодический процесс с периодом π , N — автомат с внутренним состоянием из A^s и входными сигналами из A' .

Определение. Автомат N моделирует семейство процессов P^* в конвейере $K(G)$, если в G существуют вершины $v_1, \dots, v_s \in V_{\text{внутр}}$, $x_1, \dots, x_t \in V_{\text{входн}}$ и целые числа $t_1^0, \dots, t_s^0, t_1^{00}, \dots, t_t^{00}$ такие, что для каждого процесса $\bar{P} \in P^*$ выполняется следующее: при начальном состоянии $(a_1^0, \dots, a_s^0)$, где $(v_i, t_i^0, a_i^0) \in \bar{P}$ и при входной последовательности $z = (z_1^0, \dots, z_t^0), \dots, (z_1^n, \dots, z_t^n), \dots$ где $(x_i, t_i^{00} + n\pi, z_i^n) \in \bar{P}$, автомат N проходит последовательность внутренних состояний $Q = (a_1^0, \dots, a_s^0), \dots, (a_1^n, \dots, a_s^n), \dots$, где $(v_i, t_i^0 + n\pi, a_i^n) \in \bar{P}$ и для каждого $v, t \in P$ значение $a(v, t)$ может быть вычислено по Q и z за конечное число элементарных шагов (элементарным шагом считаем вычисление функции $f_v, v \in V_G$).

Утверждение 3. Семейство полных процессов R^* в конвейере $K(B)$ с сильно связным графом B моделируется прямым произведением $k(B)$ попарно тождественных автоматов $N(B)$. При этом число состояний автомата $N(B)$ не превосходит $\frac{|V_B|}{k(B)}$ и один шаг автомата $N(B)$ может быть выполнен не более чем за $|V_B|$ элементарных шагов.

Рассмотрим теперь конвейер $K(B')$ с таким графом B' , что после удаления вершин $V_{\text{входн}}(B')$ вместе с инцидентными им дугами остается сильно связный граф B .

Утверждение 4. Семейство полных процессов R^* в конвейере $K(B')$ моделируется прямым произведением $k(B)$ попарно тождественных автоматов $N(B')$. При этом число состояний автомата $N(B)$ не превосходит $\frac{|V_B|}{k(B)}$, один шаг автомата $N(B)$ может быть выполнен не более чем за $|V_B|$ элементарных шагов, начальное состояние $(w_1, w_2, \dots, w_k)$ автомата $\underbrace{N(B') \times \dots \times N(B')}_{k(B)}$ может быть вычислено за число шагов, не превосходящее $k(B) \cdot |V_B|$.

Утверждение 5. Полный процесс $\bar{R}$ в конвейере $K(B')$ стабилизируется для S_0 и Σ тогда и только тогда, когда автомат $N(B')$ стабилизируется при начальных состояниях $w_1, w_2, \dots, w_k$, при входном сигнале Σ и эти стабильные состояния совпадают.

Утверждение 6. Задача стабилизации для конвейера $K(B')$ может быть решена за число элементарных шагов, не превосходящее $O(k(B) \cdot |V_B| \cdot |A|^{\frac{|V_B|}{k(B)}})$.

Обозначим $\mu(K, S_0, \Sigma)$ число элементарных шагов, а $\nu(K, S_0, \Sigma)$ число шагов $K(G)$, достаточных для решения задачи стабилизации, при начальном состоянии S_0 и входном сигнале Σ . Очевидно, что

$$\mu(K, S_0, \Sigma) \leq |V_G| \cdot \nu(K, S_0, \Sigma)$$

Утверждение 7. Если G — циклический граф, то $K(G)$ стабилизируется при любом начальном состоянии S_0 и любой стабильной входной последовательности Σ , после $L(G)$ шагов автомата $K(G)$ и

$$\mu(K, S_0, \Sigma) \leq |V_G| \cdot L(G),$$

где $L(G)$ — длина наидлиннейшего пути в графе G .

Утверждение 8. Пусть G состоит из нескольких непустых би-компонент $B_1, B_2, \dots, B_r$. Тогда $K(G)$ стабилизируется тогда и только тогда, когда стабилизируются подконвейеры $K(B_1), \dots, K(B_r)$ и при этом

$$\mu(K, S_0, \Sigma) \leq \sum_{i=1}^r \mu(K(B_i), S_0, \Sigma) \cdot |V_{B_i}| \cdot |A|^{-\frac{|V_{B_i}|}{|A|}}.$$

Рассмотрим теперь конвейер $K(G)$ общего вида. Представим его в виде последовательного соединения двух подконвейеров K^1, K^2 . Для этого разобьем V_G на два множества V^1, V^2 таким образом, чтобы в G не существовало дуги $(v, v') \in U_G$, где $v \in V^2, v' \in V^1$.

Обозначим:

$$V^2 = \{v / (v, v') \in U_G, v \in V^1, v' \in V^2\}$$

$$G^1 — \text{подграф } G, \text{ натянутый на } V^1$$

$$G^2 — \text{подграф } G, \text{ натянутый на } V^2 \cup V^1$$

$$K^1 = K(G^1)$$

$$K^2 = K(G^2).$$

Для каждого состояния S конвейера $K(G)$ обозначим S^1, S^2 — соответствующие состояния K^1, K^2 .

Для входной последовательности Σ конвейера $K(G)$ обозначим Σ_m — ее конечный отрезок длины m .

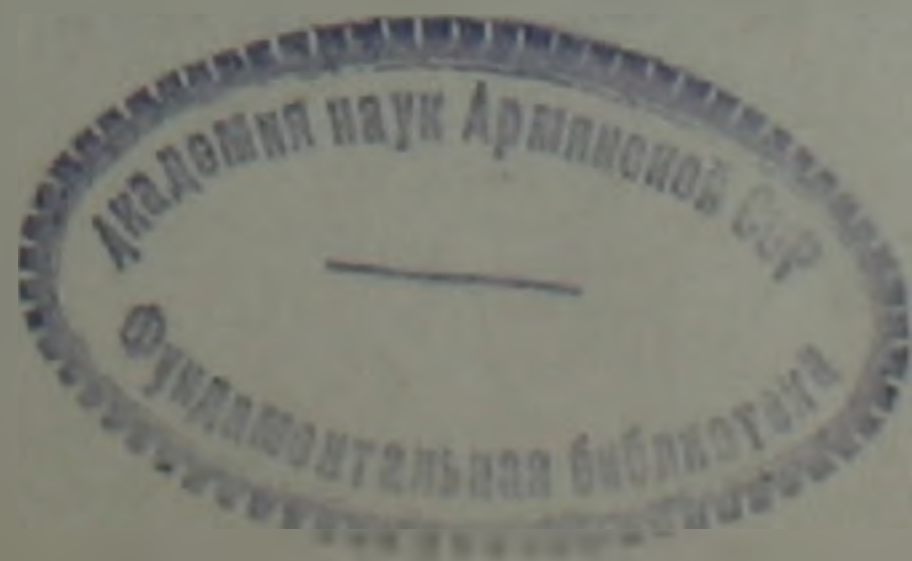
Положим $\nu_1 = \nu(K^1, S_0, \Sigma)$ и пусть $K(G)$ из состояния S_0 при входной последовательности Σ , переходит в состояние S_1 .

Обозначим через σ^2 входной сигнал для K^2 , который совпадает со значением Σ на входных вершинах, общих для K и K^2 , и имеет значение $\alpha(v, \nu_1)$ на $v \in V^2$.

Обозначим через Σ^2 входную последовательность, состоящую из повторения σ^2 .

Σ^1 — входная последовательность, совпадающая с Σ на входах K^1 .

Утверждение 9. $K(G)$ стабилизируется при S_0 и Σ тогда и только тогда, когда



1) K^1 стабилизируется при S_0^1, Σ^1 .

2) K^2 стабилизируется при S_1^2, Σ^2

и при этом

$$\mu(K, S_0, \Sigma) \leq v_1 \cdot |V_0| + v_2 \cdot |V^2|.$$

Утверждение 10. Задача стабилизации конвейеров общего вида может быть решена за число шагов

$$\mu(K, S_0, \Sigma) \leq |V_0| \cdot L(G) + \sum_{i=1}^r k(B_i) \cdot |V_{B_i}| \cdot |A|^{\frac{|V_{B_i}|}{k(B_i)}},$$

где $L(G)$ — длина наидлиннейшего пути в фактор графа $B(G)$.
 $\{B_1, \dots, B_r\}$ — множество всех непустых бикомпонент в графе G .

Институт проблем информатики и автоматизации
Национальной академии наук Армении

Կ. Վ. ՇԱԽԲԱԶՅԱՆ, Ս. Ա. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

Հարաճուսի կայունության խնդրի լուծումը, հիմնված
պրոցեսների դեկոմպոզիցիայի վրա

Այս աշխատանքը պարունակում է հարաճուսի կայունության խնդրի լուծման մի ալգորիթմ, հիմնվում է պրոցեսների դեկոմպոզիցիայի վրա (տե՛ս (1)), որը հնարավորություն է տալիս հասարակ ալգորիթմի $O(|A|^{V_{\max}})$ բարդության գնահատականի մեջ իջեցնել աստիճանացույցը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 К. В. Шахбазян, Кибернетика, № 6, с. 38—42, 1988.

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

УДК 529.3.01

М. С. Мкртчян, С. М. Мхитарян

Решение задачи о напряженном состоянии составного упругого
бесконечного тела с периодической системой коллинеарных
трещин при продольном сдвиге методом
ортогональных многочленов

(Представлено чл.-корр. НАН Армении Б. Л. Абрамяном 9/X 1991)

В статье (1) решение задачи о напряженном состоянии упругого бесконечного пространства с периодической системой коллинеарных трещин, расположенных в одной плоскости, при продольном сдвиге построено в квадратурах.

В настоящей статье это решение строится развитым в (2-3), а также в (4) методом ортогональных многочленов Чебышева, который в ряде случаев в смысле вычисления несингулярных интегралов оказывается более эффективным.

1. Как показано в (1), определяющими уравнениями упомянутой задачи будет сингулярное интегро-дифференциальное уравнение

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-a}^a \operatorname{ctg} \frac{\eta - \xi}{2} \bar{\varphi}'(\eta) d\eta = -\bar{\tau}_+(\xi) - \bar{\tau}_-(\xi) \quad (|\xi| < a) \quad (1.1)$$

при граничных условиях

$$\bar{\varphi}(a) = 0, \quad \bar{\varphi}(-a) = 0, \quad (1.2)$$

откуда определяется плотность дислокаций, точнее, производная приведенных раскрытий трещин при заданных на их берегах нагрузках $\bar{\tau}_\pm(\xi)$ и уравнение

$$\bar{\tau}(\xi) = -\frac{G}{2\pi} \int_{-a}^a \operatorname{ctg} \frac{\eta - \xi}{2} \bar{\varphi}'(\eta) d\eta \quad (a < |\xi| < \pi), \quad (1.3)$$

откуда определяются разрушающие напряжения $\bar{\tau}(\xi)$ вне трещин на их линии продолжения, где $G = G_+ G_- / (G_+ + G_-)$ — приведенный модуль сдвига составного упругого пространства (1).

Решения уравнений (1.1) — (1.3) здесь построим методом ортогональных многочленов Чебышева. С этой целью решение уравнения (1.1) представим в виде бесконечного ряда

$$\tilde{\varphi}(\xi) = \frac{\cos(\xi/2)}{\sqrt{2(\cos \xi - \cos \alpha)}} \sum_{n=0}^{\infty} x_n T_n(\operatorname{tg}(\xi/2) \operatorname{ctg}(\alpha/2)), \quad (|\xi| < \alpha) \quad (1.4)$$

где $T_n(x)$ — многочлены Чебышева первого рода, а коэффициенты $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$ неизвестны и подлежат определению. Далее выражение $\tilde{\varphi}'(\xi)$ из (1.4) подставляем в уравнение (1.1), меняем порядок интегрирования и суммирования, а затем воспользуемся интегральными соотношениями (4.5)

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\pi} \int_{-\alpha}^{\alpha} \operatorname{ctg} \frac{\eta - \xi}{2} \cdot \frac{T_n(\operatorname{tg}(\eta/2) \operatorname{ctg}(\alpha/2)) d\eta}{\sec \frac{\eta}{2} \sqrt{2(\cos \eta - \cos \alpha)}} = \\ & = \begin{cases} 0 & (n = 0); \\ \csc \frac{\alpha}{2} U_{2m-1}\left(\operatorname{tg}\left(\frac{\xi}{2}\right) \cdot \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) & (n = 2m, \quad m = 1, 2, \dots); \\ \csc \frac{\alpha}{2} U_{2m-1}\left(\operatorname{tg}\left(\frac{\xi}{2}\right) \cdot \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) + \\ + (-1)^m \frac{\sin(\alpha/2)}{1 + \cos(\alpha/2)} \left(\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{4}\right)\right)^{2m-1} & (|\xi| < \alpha); \quad (n = 2m - 1, \quad m = 1, 2, \dots) \end{cases} \quad (1.5) \end{aligned}$$

где $U_n(x)$ — многочлены Чебышева второго рода.

В результате после простых преобразований будем иметь

$$\begin{aligned} & \csc \frac{\alpha}{2} \left[\sum_{n=1}^{\infty} x_{2n} U_{2n-1}\left(\operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} x_{2n-1} U_{2n-2}\left(\operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right) \right] + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} (-i)^n \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{4}\right)^{2n-1} x_{2n-1} = -\tilde{\tau}_+(\xi) - \tilde{\tau}_-(\xi) \quad (|\xi| < \alpha). \quad (1.6) \end{aligned}$$

Теперь при помощи условия ортогональности многочленов Чебышева второго рода

$$\begin{aligned} & \int_{-\alpha}^{\alpha} U_{m-1}\left(\operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right) U_{n-1}\left(\operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right) \sec^2(\xi/2) \times \\ & \times \sqrt{2(\cos \xi - \cos \alpha)} d\xi = \begin{cases} 0 & (m \neq n) \\ 2\pi \cos(\alpha/2) \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} & (m = n); \end{cases} \end{aligned}$$

из (1.6) сразу находим

$$x_n = -a_n \quad (n = 2, 3, \dots);$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \int_{-\alpha}^{\alpha} U_{n-1} \left(\operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right) \sec^3 \frac{\xi}{2} \times \\ \times \sqrt{2(\cos \xi - \cos \alpha)} [\tilde{\tau}_+(\xi) + \tilde{\tau}_-(\xi)] d\xi; \quad (n = 1, 2, \dots), \quad (1.7)$$

$$x_1 = -a_1 \sec \frac{\alpha}{2} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n a_{2n-1} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \right)^{2n-1}.$$

Остается определить коэффициент x_0 . Для его определения области (1.4) проинтегрируем от $-\alpha$ до ξ . Будем иметь

$$\tilde{\varphi}(\xi) = \sum_{n=0}^{\infty} x_n A_n(\xi); \quad (1.8)$$

$$A_n(\xi) = \int_{-\alpha}^{\xi} \frac{\cos(\eta/2)}{\sqrt{2(\cos \eta - \cos \alpha)}} T_n \left(\operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right) d\eta \\ (n = 0, 1, 2, \dots),$$

причем

$$A_n(\alpha) = \begin{cases} 0 & (n = 2k - 1; \quad k = 1, 2, \dots); \\ \pi (-1)^k \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \right)^{2k} & (n = 2k; \quad k = 0, 1, 2, \dots). \end{cases} \quad (1.9)$$

Приняв во внимание граничные условия (1.2), из (1.8) и (1.9) получим

$$x_0 = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k a_{2k} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \right)^{2k}. \quad (1.10)$$

Обращаясь далее к вопросу определения напряжений вне трещин по формуле (1.3), легко заметить, что при этом возникает необходимость вычисления интеграла в (1.5) при $\alpha < |\xi| < \pi$. Для вычисления этого интеграла воспользуемся интегральными соотношениями $(H(x) — \text{функция Хевисайда})$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\alpha}^{\alpha} \ln \frac{1}{|x-t|} \frac{T_n(t/a) dt}{\sqrt{a^2 - t^2}} = \\ = \begin{cases} \ln \frac{2(|x| - \sqrt{x^2 - a^2})}{a^2} & (n = 0); \\ \frac{1}{n} [H(x) + (-1)^n H(-x)] \left(\frac{|x| - \sqrt{x^2 - a^2}}{a} \right)^n, & (n = 1, 2, \dots; \quad |x| > a) \end{cases}$$

которые можно получить, в частности, из результатов работы (4). Положив $x = \operatorname{tg}(\xi/2)$, $t = \operatorname{tg}(\eta/2)$, $a = \operatorname{tg}(\alpha/2)$, после несложных преобразований приходим к следующим соотношениям:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\eta - \xi}{2} \frac{\cos(\eta/2)}{\sqrt{2(\cos \eta - \cos \alpha)}} T_n(\operatorname{tg}(\eta/2) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha/2)) d\eta =$$

$$= \begin{cases} -2 \operatorname{sgn} \xi \cos(\xi/2) [2(\cos \alpha - \cos \xi)]^{-\frac{1}{2}} & (n = 0); \\ -\sec \frac{\alpha}{2} [H(\xi) + (-1)^n H(-\xi)] \operatorname{sgn} \xi \left(\operatorname{tg}^2 \frac{\xi}{2} - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \times \\ \times \left[\left(\left| \operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \right| - \sqrt{\operatorname{tg}^2 \frac{\xi}{2} - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}} \right) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]^n + & (1.11) \\ + \begin{cases} 0 & (n = 2m); \\ (-1)^m \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \right)^{2m-1} & (n = 2m - 1). \end{cases} \\ (m = 1, 2, \dots; \quad \alpha < |\xi| < \pi) \end{cases}$$

Теперь выражение $\tilde{\varphi}'(\xi)$ из (1.4) подставляем в формулу (1.3), а затем меняем порядок интегрирования и суммирования. Тогда с учетом (1.11) будем иметь

$$\tilde{\varphi}'(\xi) = G \left\{ x_0 \operatorname{sgn} \xi \cos(\xi/2) [2(\cos \alpha - \cos \xi)]^{-\frac{1}{2}} + \right.$$

$$+ \frac{1}{2} x_1 \left[\sec \frac{\alpha}{2} \left(\operatorname{tg}^2 \frac{\xi}{2} - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \left(\left| \operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \right| - \sqrt{\operatorname{tg}^2 \frac{\xi}{2} - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}} \right) \times \right.$$

$$\times \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \left. \right] - \frac{1}{2} \sec \frac{\alpha}{2} \operatorname{sgn} \xi \left(\operatorname{tg}^2 \frac{\xi}{2} - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \times$$

$$\times \sum_{n=2}^{\infty} a_n [H(\xi) + (-1)^n H(-\xi)] \left[\left(\left| \operatorname{tg} \frac{\xi}{2} \right| - \sqrt{\operatorname{tg}^2 \frac{\xi}{2} - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}} \right) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]^n +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n a_{2n-1} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \right)^{2n-1} \left. \right\}, \quad (1.12)$$

$$(\alpha < |\xi| < \pi)$$

где коэффициенты x_0 и x_1 даются формулами (1.7) и (1.10), а коэффициенты a_n — формулой (1.7).

Таким образом, приведенные раскрытия трещин периодической системы выражаются формулой (1.8), а разрушающие напряжения вне трещин — формулой (1.12). При этом выражение функции $A_n(\xi)$ приведено в (4) (с. 146).

2. Перейдем к определению коэффициентов интенсивности напряжений $K_{III}^{\pm}$ соответственно концевым точкам трещины $x = \pm a$. Имеем, по определению,

$$K_{III}^{+} = \sqrt{2\pi} \lim_{x \rightarrow a+0} \sqrt{x-a} \tau_{yz} = -\sqrt{2\pi} \lim_{\xi \rightarrow a+0} \sqrt{\xi-a} \tilde{\tau}(\xi)$$

Приняв во внимание (1.12), находим

$$K_{III}^{+} = -\frac{G \sqrt{l} \cos(\alpha/2)}{\sqrt{\sin \alpha}} \left(x_0 + x_1 - \sum_{n=2}^{\infty} a_n \right). \quad (2.1)$$

Аналогичным образом

$$\begin{aligned} K_{III}^{-} &= \sqrt{2\pi} \lim_{x \rightarrow -a-0} \sqrt{|a+x|} \tau_{yz} = -\sqrt{2\pi} \lim_{\xi \rightarrow -a-0} \sqrt{|\xi+a|} \tilde{\tau}(\xi) = \\ &= \frac{G \sqrt{l} \cos(\alpha/2)}{\sqrt{\sin \alpha}} \left| x_0 - x_1 - \sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n a_n \right|. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Отметим, что по аналогии с известным результатом ⁽⁷⁾ коэффициенты интенсивности напряжений можно определить также при помощи выражения плотности дислокаций $\tilde{\varphi}'(\xi)$ из (1.4). Действительно, хорошо известно ⁽⁸⁾, что смещения в окрестности концевой точки трещины при антиплоской деформации даются асимптотической формулой

$$u_z = \frac{K_{III}}{G} \sqrt{\frac{2r}{\pi}} \sin \frac{\vartheta}{2} \quad (r \rightarrow 0),$$

где G — модуль сдвига материала тела, а u_z — смещения вдоль оси Oz , в направлении которой осуществляется продольный сдвиг. Положив $v = \pm \pi$ применительно к окрестности точки $x = a$, будем иметь

$$u_z^{\pm}(x, 0) = \pm \frac{K_{III}^{+}}{G} \sqrt{\frac{2(a-x)}{\pi}} \quad (x \rightarrow a-0).$$

Отсюда

$$\varphi(x) = u_z^{+}(x, 0) - u_z^{-}(x, 0) = \frac{2K_{III}^{+}}{G} \sqrt{\frac{2(a-x)}{\pi}}$$

и, следовательно,

$$K_{III}^{+} = -G \sqrt{\frac{\pi}{2}} \lim_{x \rightarrow a-0} \sqrt{a-x} \varphi'(x). \quad (2.3)$$

Вполне аналогичным образом

$$K_{III}^{-} = G \sqrt{\frac{\pi}{2}} \lim_{x \rightarrow -a+0} \sqrt{a+x} \varphi'(x). \quad (2.4)$$

Формулы (2.3) — (2.4) имеют место только для однородного тела с трещиной, подверженного антиплоской деформации. Однако легко

заметить, что эти формулы справедливы также в случае составного тела, если в них заменить G на $\bar{G}=2G$, где G —приведенный модуль сдвига составного тела.

На основании сказанного

$$K_{III}^+ = \mp G \sqrt{2l} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \sqrt{x \mp \varepsilon} \varphi'(\varepsilon), \quad (2.5)$$

так как $\varphi'(x) = \bar{\varphi}'(\varepsilon)$. При этом $\bar{\varphi}'(\varepsilon)$ дается формулой (1.4), а коэффициенты x_n ($n=0, 1, 2, \dots$) — формулой (1.7). Легко проверить, что полученные по формуле (2.5) выражения K_{III}^+ совпадают с (2.1) и (2.2) соответственно.

Отметим, что входящий в (1.7) интеграл после замены переменной $\cos \theta = \operatorname{tg}(\varepsilon/2) \cdot \operatorname{ctgh}(x/2)$ преобразуется в формулу для синус-коэффициентов Фурье некоторой функции, вычисления которых можно осуществить эффективными алгоритмами. Отметим еще, что развитие здесь и в (1) методики могут быть использованы для исследования соответствующих плоских задач.

Институт механики

Национальной академии наук Армении

Մ. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Ս. Մ. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ

Երկայնական սահմի ժամանակ համադրված ճախերի պարբերական համակարգով բաղադրյալ առաձգական անվերջ մաքմնի լարվածային վիճակի վերաբերյալ խնդրի լուծումը օրոգոնալ բազմանդամների մեթոդով

Աշխատանքում ջերիչևի օրթոգոնալ բազմանդամների մեթոդի օգնությամբ կառուցված է երկայնական սահմի ժամանակ համադրված ճախերի պարբերական համակարգով թուլացված բաղադրյալ առաձգական անվերջ տարածության լարվածային վիճակի վերաբերյալ խնդրի լուծումը, որը ներկայացված է ջերիչևի առաջին սեռի բազմանդամներ պարունակող անվերջ շարքի տեսքով: Այդ շարքի գործակիցների համար ստացված է բավականին պարզ կառուցվածքի բացահայտ բանաձև, որը փոփոխականի փոխարինման միջոցով բերվում է ինչ-որ ֆունկցիայի սինուս-գործակիցների համար բանաձևի: Հաշվված են քայքայող լարումների ուժգնության գործակիցը: Վերջիններիս հաշվման համար առաջարկված է նաև մեկ ուրիշ բանաձև՝ հիմնված ճախի բացվածքի ածանցյալի մեծությունը օգտագործելու վրա: Նըշված է, որ հաշվման երկու եղանակներն էլ բերում են միևնույն արդյունքին:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ М. С. Мкртчян, С. М. Мхитарян, ДАН Армении, т. 94, № 2, с. 104—109 (1993).
² Г. Я. Попов, Контактные задачи для линейно-деформируемого основания, Вища школа, Киев—Одесса, 1982. ³ Г. Я. Попов, Концентрация упругих напряжений возле штампов, разрезов тонких включений и подкреплений, Наука, М., 1982. ⁴ В. М.

Александров, С. М. Мхитарян. Контактные задачи для тел с тонкими покрытиями и прослойками. Наука, М., 1983. * Г. А. Морарь, Г. Я. Попов. ПММ, т. 35, вып. 1, с. 172—178 (1971). * С. М. Мхитарян. ПММ, т. 47, вып. 2, с. 219—227 (1983). * В. А. Ильин, J. D. Eshelby, Fracture (edited by H. Liebowitz), v. 1, Chap. 2. Academic Press, New York, 1968. * М. А. Саврук. Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами, механика разрушения и прочность материалов. Справочное пособие. Т. 2, Наукова думка, Киев, 1988.

УДК 550.34

С. С. Дарбинян, С. Н. Назарсян, А. А. Овсепян

Об исходной сейсмичности территории г. Спитак

(Представлено академиком НАН Армении А. А. Габриеляном 20/VII 1992)

Сразу после Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. стало очевидно, что на действующей карте общего сейсмического районирования Армении уровень сейсмической опасности всей территории занижен. Поэтому большой группой специалистов СССР в сверхсрочном порядке (в январе 1989 г.) была составлена Временная схема сейсмического районирования территории Армянской ССР в масштабе 1:1 000 000, которая была утверждена Госстроем СССР в качестве нормативного документа для проектирования строительства, в частности в зоне бедствия. Согласно этой схеме исходная сейсмичность г. Спитак составляет 9 баллов. Однако такая оценка уровня сейсмической опасности территории города не согласуется с действительной интенсивностью Спитакского землетрясения 1988 г., в эпицентральной зоне которого расположен город. Отсюда и расхождение между фактом (землетрясением) и принятой схемой общего сейсмического районирования. Это разногласие неоднократно становилось причиной больших дебатов среди специалистов. Цель статьи дать ответ на этот спорный и очень важный вопрос.

Исходную сейсмичность территории г. Спитак можно определить двумя путями: методами сейсмического районирования и изучением макросейсмического поля Спитакского землетрясения 1988 г. как главного сейсмического события района с максимально возможными разрушительными последствиями, обусловленными большой магнитудой, продолжительностью сотрясений, мультиплетным характером, поверхностным расположением очага и др.

При первом подходе возникают трудности, связанные с оценкой уровня сейсмической опасности на основе сейсмогенерирующих зон, так как эта связь пока еще установлена неполностью.

В настоящее время второй подход более надежный, так как Спитакское землетрясение 1988 г. является одним из наиболее хорошо изученных землетрясений мира и, как уже отметили, город расположен в его эпицентральной зоне.

Для решения поставленной задачи вторым путем необходимо определить интенсивность Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г., расположение г. Спитак на карте изосейст, изучить макро-сейсмические эффекты на территории города.



Рис. 1 Карта близких изосейст Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. (1); 1 — изосейсты; 2 — образовавшийся на земной поверхности сеймотектонический разлом

Специалистами разных организаций составлены несколько карт и схем изосейст Спитакского землетрясения 1988 г. (1-4). В (5) обобщена часть этих результатов и составлена новая, некая «средняя» карта изосейст. По всем этим картам и схемам интенсивность землетрясения 7 декабря оценивается не ниже 9—10 баллов, а в боль-

шинстве случаев 10 баллов. По этим же данным г. Спитак расположен в черте первой изосейсты. Из существующих карт и схем изосейст Спитакского землетрясения наиболее полной и обоснованной является карта, составленная сотрудниками Института геофизики и инженерной сейсмологии ИАН Армении (1). Для ее составления проведено макросейсмическое обследование 230 населенных пунктов, использованы данные об образовавшихся сейсмодислокациях. Детальность проведенных обследований позволила построить карту близких изосейст 1-200 000 масштаба (рис. 1). Как видно из карты, г. Спитак расположен внутри первой десятибалльной изосейсты, а образовавшийся во время землетрясения сеймотектонический разлом длиной 35 км проходит по окраине города.

Интенсивность Спитакского землетрясения и его магнитуда определены также на основе параметров сейсмогенного разлома Г. С. Гаспаряном с использованием разных эмпирических соотношений и шкал (6). По расчетам интенсивность землетрясения составляет 9—10 баллов.

Специально было проведено также макросейсмическое обследование Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. на территории г. Спитак (6). В результате обследования около 1600 (из 2000) индивидуальных строений жилого фонда и других объектов различного функционального назначения (таблица) составлена карта реализованной сейсмической интенсивности на территории г. Спитак (рис. 2). При обследовании, по мере возможности, охватывали всю территорию города с различными инженерно-геологическими условиями. Оценка интенсивности выполнялась по шкале сейсмической интенсивности MSK-64.

На территории города выделены участки трех типов, отличающиеся средними показателями повреждений зданий: 9—9,5 балла, 9,5—10 баллов или 10 и более баллов. Интенсивность 9—9,5 балла проявлена только на небольшом участке (5% территории) в основном на грунтах первой категории по сейсмическим свойствам (порфириты). Уровень грунтовых вод здесь расположен ниже 5 м. Участки с интенсивностью 9,5—10 баллов занимают большие площади (45% застроенной части города), где расположены грунты второй категории (галечно-гравелистые, щебенистые, суглинисто-супесчаные), с уровнем залегания грунтовых вод ниже 5 м.

Участки с интенсивностью десять или более баллов охватывают около 50% территории города. На них распространены в основном грунты второй категории (порядка 90% от общей площади), представленные галечно-гравелистыми, щебенистыми и суглинисто-супесчаными разновидностями грунтов с уровнем грунтовых вод ниже 5 м.

На основе составленной макросейсмической карты с учетом инженерного анализа и интерпретации причин разрушений зданий на грунтах второй категории можно заключить, что интенсивность землетрясения в Спитаке (фоновая сейсмичность) составляет 10 баллов.

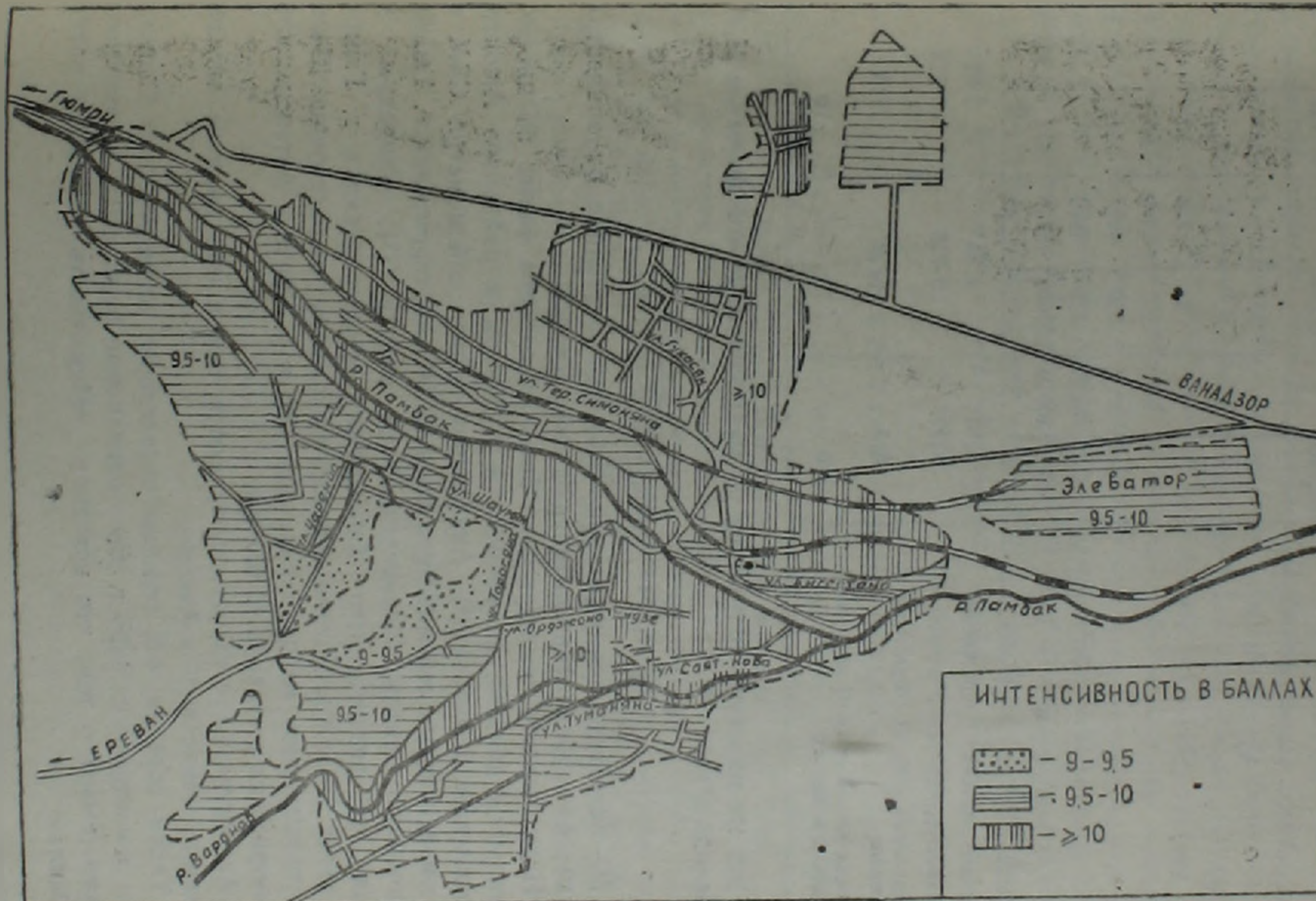


Рис. 2. Карта проявления интенсивности Спитакского землетрясения 1988 г. на территории г. Спитак по макросейсмическим данным (сост. А. А. Овсепян)

Количество обследованных зданий по типам и степеням повреждения
и оценка интенсивности Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г.
по сейсмической шкале MSK-64

Степень повреждения здания	Тип и количество зданий					
	А		Б		В	
	количество	%	количество	%	количество	%
0	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—
2	—	—	21	2,0	16	3,7
3	—	—	107	10,0	85	19,7
4	15	17,2	512	48,1	254	58,6
5	72	82,8	425	39,9	78	18,0
Всего	87	100,0	1065	100,0	433	100,0
Среднее значение повреждения	4,83		4,26		3,91	
Среднеквадратическое отклонение	0,378		0,715		0,718	
Количество в % от общего числа зданий	5,5		67,2		27,3	
Оценка интенсивности по типам зданий в баллах	10		10		10	

Эта же величина получается по макросейсмической формуле Н. В. Шебалина (7):

$$I = 1,4M - 3,5 \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + C,$$

где M —магнитуда землетрясения (7,0), Δ —расстояние от эпицентра (5 км), h —глубина гипоцентра (10 км), $C=4,2$.

Интенсивность землетрясения была определена также по инструментальным данным, полученным в г. Гюмри и райцентре Ашоцке, приведенным в работе (8). Анализируя записи сейсмометра СБМ и маятниковых сейсмометров типа ИГИС на территории г. Гюмри с помощью шкалы, приведенной в работе (9), приходим к выводу, что интенсивность Спитакского землетрясения в г. Гюмри составила 9 баллов. Сделав переход к эпицентру на расстояние 30 км, по существующим методам получаем, что в г. Спитаке интенсивность землетрясения составила 10 баллов.

Аналогичные результаты получаются также при анализе акселерограммы, записанной в Ашоцке.

Таким образом, все способы определения интенсивности Спитакского землетрясения 1988 г. дают одинаковые результаты и позволяют сделать вывод о том, что исходная сейсмичность г. Спитак равна 10 баллам.

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии Национальной
академии наук Армении

Սպիտակ Բաղափ տարածքի ելակետային սեյսմիկականության մասին

Գոյութիւն ունի տարակարծութիւն Սպիտակ քաղաքի ելակետային բա-
լականութեան շուրջը: Հաստ 1989 թ. ԽՍՀՄ պետշինէի կողմից հաստատուած
Հայաստանի տարածքի սեյսմիկ շրջանացման ժամանակավոր սխեմայի, որը
շինարարութեան նախագծման համար նորմ է հանդիսանում, Սպիտակի ելա-
կետային սեյսմիկականութիւնը գնահատուած է 9 բալլ: Մասնագետներին մե-
ծամասնութիւնը 1988 թ. Սպիտակի երկրաշարժի ուժգնութիւնը, որի էպի-
կենտրոնային գոտում գտնվում է քաղաքը, գնահատում են ամենաքիչը
9—10 բալլ: Ուստի, փորձ է արված վերջնական պատասխան տալ այս հար-
ցին, ելնելով Սպիտակի երկրաշարժի մակրոսեյսմիկ հետևանքներից և գոր-
ծիքային գրանցումների արդյունքներից: Մի քանի մոտեցումներով գնահատ-
ված է Սպիտակի երկրաշարժի ուժգնութիւնը, որը հիմք է տալիս Սպիտակ
քաղաքի ելակետային սեյսմիկականութիւնը գնահատել 10 բալլ:

ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱՎԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ S. S. Darbinian, S. N. Nazarellan, Proceedings of the ninth EAGE, v. 1, Moscow, 1990.
- ² Н. В. Шебалин, Б. А. Борисов, Гитутюн еі техника, № 12, 1989.
- ³ Н. Л. Мешенин, Гидротехническое строительство, № 8, 1989.
- ⁴ AEQE Summary Report Prepared by EGE Engineering San Francisco, CA, 1989.
- ⁵ Н. В. Кондорская, Э. Г. Гедакян, Землетрясение в СССР в 1988 г., Наука, М., 1991.
- ⁶ Научно-технический отчет «Исходная сейсмичность территории г. Спитак», ИГИС АН Армении, Гюмри, 1990.
- ⁷ Карта сейсмического районирования террито-
рии СССР. М., Наука, 1980.
- ⁸ Р. П. Мартirosян, Л. А. Мхитарян и др., Изв. АН
АрмССР. Науки о Земле, т. 42, № 4, (1989).
- ⁹ А. Г. Назиров, С. С. Дарбинян, Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений, Изд.
АН АрмССР, Ереван, 1974.

УДК 551.242.1

М. А. Сатнан

Сейсмодислокации в донных осадках Севана

(Представлено академиком НАН Армении А. А. Габриеляном 8/V 1992)

Во вскрытых вибропоршневыми трубками разрезах донных осадков оз. Севан мощностью до 4,5 м, что характеризует время в 3 тыс. лет, т. е. начиная со среднего голоцена, выявлены значительные, до 2—3 м, перепады гипсометрии поверхности наиболее нижней из вскрытых пачки коричнево-серых глин. Подробности литологии разреза рассмотрены (¹) и схематично отображены на разрезах (рис. 1 и 2). Деформированная пачка глин отличается от вышележащих осадков, сглаживающих неровности рельефа, большей литифицированностью, низкой жирностью, повсеместными признаками комковатости и брекчиевидности либо брекчиевости, местами отчетливыми признаками переотложения. Это осадки окислительной среды накопления, вероятнее всего, связанные с этапом наиболее низкого уровня Большого Севана, возможно, даже в значительной мере осушенного—на стадии луж (^{1,2}). Полная мощность маркирующей пачки коричнево-серых глин не вскрыта, но судя по корреляции с прибрежными осадками, датируемыми с рубежа 3,5 тыс. лет (³), этот маркирующий горизонт знаменует крупную «регрессию» озера, причина которой требует дальнейших исследований.

Пачка коричнево-серых глин местами содержит в основании коричнево-желтые алевроиты и пески, плохо отсортированные, с растительными остатками. Латерально к середине озера глины становятся более водонасыщенными, особенно в восточной половине бассейна. Крупных же изменений в их составе и строении не наблюдается—они остаются комковатыми, брекчиевидными во всех вскрытых трубками разрезах. Трубки не вскрыли отчетливых признаков разрывов в этом горизонте, однако при построении разрезов значительные перепады гипсометрии их поверхности требуют привлечения разрывов, разобщающих пачку на блоки. Поверхность каждого из них может быть как ровной, так и волнистой. Скорее всего мы сталкиваемся с примером ступенчатых сбросов или взбросов.

Характерно, что вдоль разреза западной прибрежной зоны (рис. 1) по мере удаления от берега имеет место взбрасывание дна: поверхность коричнево-серых глин оказывается на более высоком уровне, чем сопредельные участки дна. Скорее всего, это признаки сейсмодислокации, причем, судя по значительной вертикальной амплитуде более 2 м, эта дислокация должна превышать вертикальную амплитуду сейсмодислокации Спитакского землетрясения 1988 г., которое, как известно, имело магнитуду 7,1.

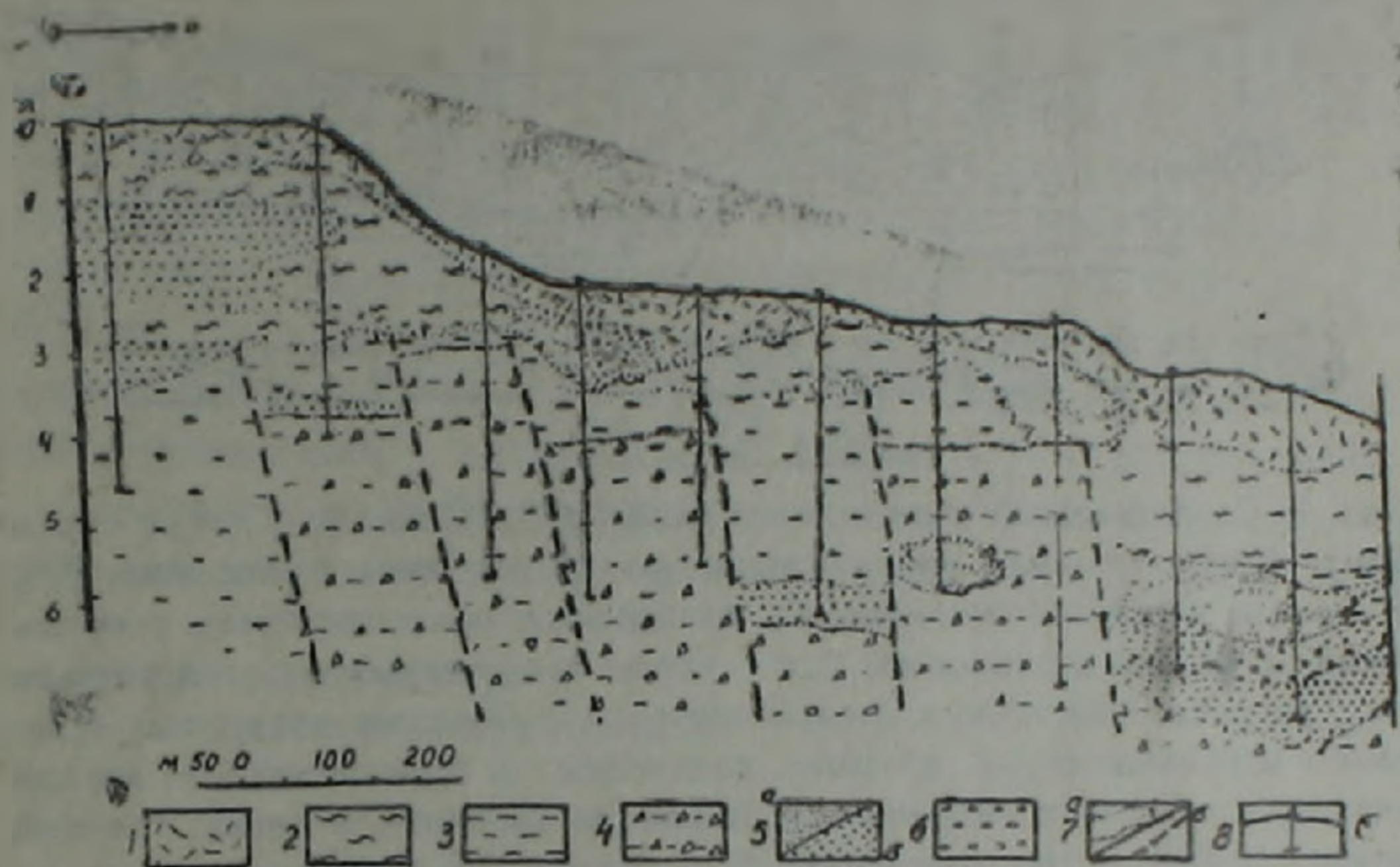


Рис. 1. Геологический разрез через западный склон Б. Севана (в 7 км с-в церкви Сурб Ованес): 1 — илы песчано-глинистые; 2 — глины черные битуминозные, пластичные, микрослоистые с обильными остатками диатомовых; 3 — глины серые, темно-серые и ржавые с зеленоватым оттенком, плотные, в низах и ближе к кровле комковатые и ржавые брекчированные, алевроитистые; 4 — глины коричнево-серые, плотные, комковатые и брекчированные, карбонатные, в верхах разреза алевроитистые с растительными остатками; 5 а — алевроиты и тонко-среднезернистые пески; б — средне-крупнозернистые пески; б — гравийно-псаммитовые осадки, состав полимиктовый с вулканомиктовой примесью, плохо отсортированные; 7, а — граница пачек и латеральные переходы; б — разломы; 8 — места заложения трубок. Внизу масштаб горизонтальный

В последующей истории озера сейсмическая активность не была проявлена так значительно. В вышележащих осадках, а наиболее отчетливо в серых глинах, есть также признаки комковатости и брекчирования, но они проявлены слабее. Более верхние слои нагляднее сглаживают неровности рельефа, возникшего после главной сейсмодислокации. Конечно, они как более водонасыщенные и легко деформируемые не сохраняют признаков кrippa или сейсмических дислокаций в той степени, в какой литифицированные глины нижней маркирующей пачки. Но все же обращает внимание, что возможные разрывы более вероятны на месте значительных изменений состава и строения этих осадков, в пределах участков фациальных переходов. Западный прибрежный склон, где определяются сейсмодислокации (в

7 км по аз. СВ 45° от церкви Сурб Ованес к акватории), является, видимо, продолжением системы близмеридиональных ступенчатых сбросов, картируемых вдоль берега в строении Сариканнской толщи, затрагивающих наиболее верхние ее слои, относимые к постплиоцену (⁴ 9–11). Что касается деформаций рельефа маркирующей пачки

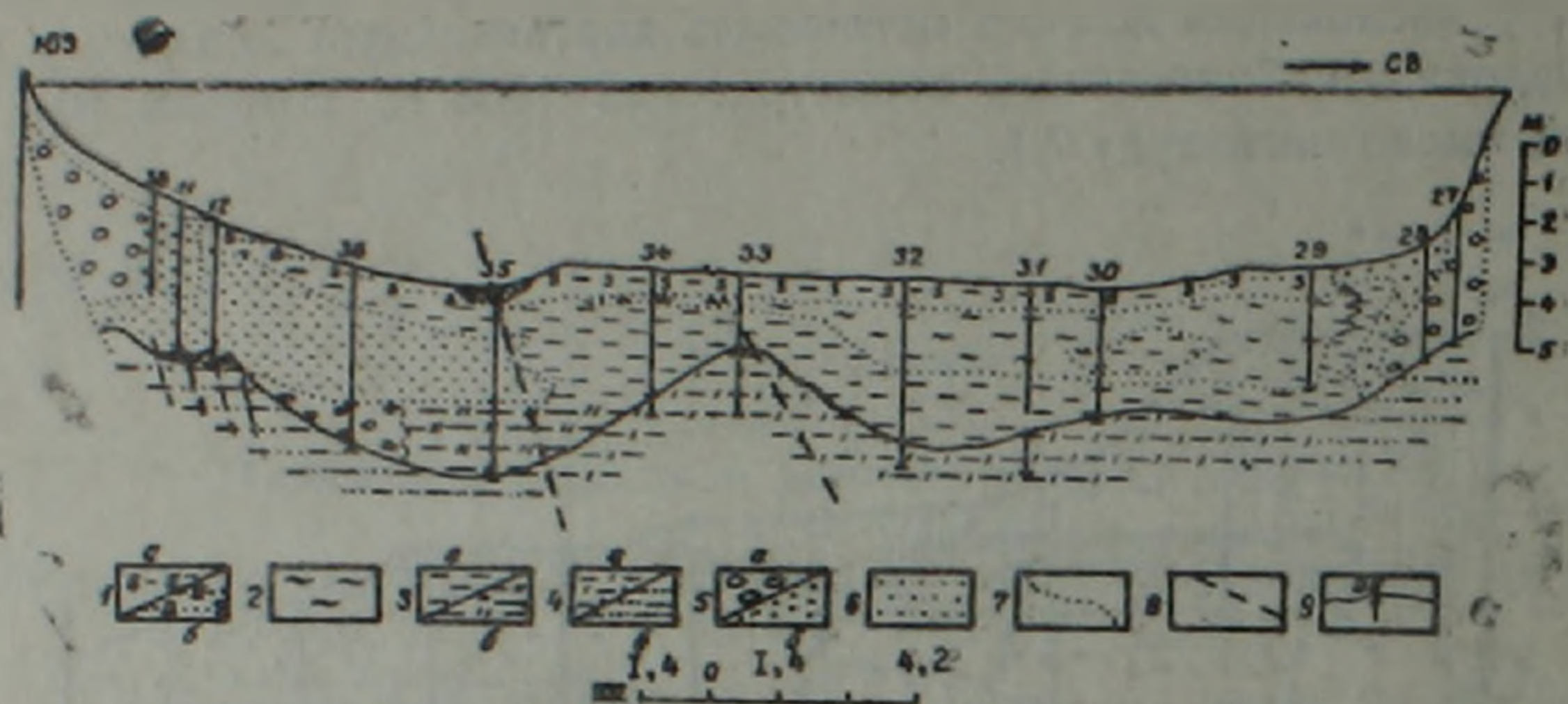


Рис. 2. Геологический разрез через впадину Б. Севана (с. Еранос — устье Капут-Джур). 1 — илы алеврит-глинистые (а) и глинисто-песчаные (б); 2 — глины черные, битуминозные, пластичные, микрослоистые, с обильными остатками диатомовых; 3, а — глины темно-серые и зеленовато-серые, умеренно-пластичные, алевритистые, б — глинистые алевриты; 4, а — глины коричнево-серые, плотные, комковатые и брекчиевидные, алевритистые, б — желтовато-коричневые глинистые алевриты и пески, полимиктовые, плохо отсортированные; 5, а — гравий и галечник полимиктовые, б — крупнопсаммитовые зеленовато-серые полимиктовые отложения; 6 — пески зеленовато-серые полимиктовые, средне-тонкозернистые, умеренно отсортированные; 7 — граница пачек и латеральные переходы; 8 — разломы; 9 — места заложения труб и их номера. Внизу — масштаб горизонтальный

глин в осевой части озера, то это место совпадает с сейсмоактивным взбросо-сдвигом — продолжением Памбак-Севанского сейсмоактивного разлома (⁵). В Б. Севане этот разлом вписывается в контуры «центральной» геохимической аномалии подвижных хлора, сульфат-иона, магния (¹). Здесь же размещен эпицентр землетрясения 27/III 1991 г. с магнитудой 4,3 и глубиной очага 15 км. Вдоль сейсмоактивного разлома и на его продолжении в Малый Севан обнаруживаются на дне выходы травертинов, они же выявлены на склоне каньона Нор-Баязетского вала. Время сейсмической катастрофы примерно определяется по мощности перекрывающих коричнево-серые глины осадков и усредненных значений для озера сезонной слоистости в 10–12 пар слойков на 1 см осадка (⁶). Оно может быть отнесено к IX или VIII в. до н. э. (средний голоцен). В летописи царя урартов Сардури II (764–730 гг. до н. э.) упомянуто стихийное бедствие: бог стихии, Тейшеба, сжигает аборигенов, которые бежали от преследовавших их урартов в горы Севана (⁸). Возможно, это свидетельство катастрофического землетрясения, тем более, что имеются признаки последующего упадка поселений.

Представление о связи сейсмической активности озера с геологическим строением следует из интерпретации результатов гравиметрической и акустических съемок (Тагиев и др.). Нам представляется, что эти данные указывают на резко различное геологическое строение верхней части разреза коры акватории в ее западной и восточной половинах ⁽¹⁾. Представлены они синклинальными впадинами, восточная из которых резко асимметрична и местами опрокинута к ю.-з. Промежуточной между ними является узкая горст-антиклиналь с офиолитами в ядре, маскируемая осадками голоцена—продолжение на с-з Карчахпюрской горст-антиклинали ⁽²⁾. По сути это фрагмент Зангезурской офиолитовой зоны, входящей, начиная с оз. Севан до восточной Анатолии, в Эрзинджан-Севанский синтаксис ⁽¹²⁾ и характеризующейся в своей западной части наиболее частыми и катастрофическими землетрясениями, к которым относится и Спитакское 1988 г.

Исходя из всех этих данных, бассейн озера представляет район высокой сейсмической активности в прошлом и в современном развитии. Требуется подробное сейсмическое его районирование, особенно прибрежных равнин вдоль осевой зоны и на западном берегу.

Институт геологических наук
Национальной академии наук Армении

Մ. Ա. ՍԱԹՅԱՆ

Սեյսմադիսլոկացիաները Սևանի հատակային նստվածքներում

Մեծ Սևանի կենտրոնական և արևմտյան մասերի հատակային նրստվածքների կտրվածքի առավել ստորին շերտում (դարչնագույն-մոխրագույն կավեր) հայտնաբերված են բարձրաշափական մակերևույթի կտրուկ տատանումներ 2—3 մ սահմաններում: Շերտավորման խախտումները կապված են աստիճանաձև վարնետների տեսքով սեյսմադիսլոկացիաների հետ, որոնց ուղղաձիգ առնչվածության համարժեք և նույնիսկ ավելին է, քան Սպիտակի 1988 թ. երկրաշարժին:

Սեյսմադիսլոկացիաները վերաբերվում են IX (?)—VIII դ. մ.թ.ա. (միջին հոլոցեն) և հարաբերակցում են խնչպես Մ. Սևանի արևմտյան ափի նորսողույն խզումների, այնպես էլ լճի կենտրոնով անցնող սեյսմակտիվ խզումների հետ:

Խախտումների այս համակարգը համընկնում է ջրատարածքով ձգվող Զանգեզուրի օֆիոլիտային գոտու հետ, ինչպես նաև հարավային նստվածքների Mg, Cl, SO₄ երկրաքիմիական շերտումների հետ ⁽¹⁾:

Ժամանակակից էտապի սեյսմաշրջանացման դեպքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել լճավազանում տեղաբաշխված միջին հոլոցենի աղետային սեյսմակտիվության զոնաները:

- ¹ М. А. Сатиан, Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. 43, № 2, с. 3—15 (1990).
- ² Л. А. Варданян, О происхождении озера Севан, Изд. АН АрмССР, Ереван, 1948.
- ³ Ю. В. Саядян, в кн.: Вопросы геологии голоцена, Изд. АН АрмССР, Ереван, с. 61—67, 1985.
- ⁴ А. А. Габриелян, В. П. Асратян, А. Е. Назарян, в кн.: Научные труды ЕГУ, № 8, с. 37—50, 1954.
- ⁵ В. Г. Трифонов, А. С. Караханян, А. И. Кожурин, Геотектоника, № 6, с. 46—60, 1990.
- ⁶ Г. Д. Афанасьев, в кн.: Бассейн оз. Севан, т. 3, вып. 2, Изд. АН СССР, Л., с. 59—154, 1933.
- ⁷ А. Т. Асланян, М. А. Сатиан, ДАН АрмССР, т. 65, № 4, с. 220—226 (1977).
- ⁸ Ս. Դ. Հովսեփյան, Վանի թագավորության պատմությունը, Զմ. ԳԱ Հրատ., 1990. (С. Г. Амаякян, Государственная религия Ваянского царства, Изд. АН Армении, Ереван, 1990).
- ⁹ К. К. Милановский, В кн.: Геология АрмССР, т. 1, Геоморфология, Ереван, Изд. АН АрмССР, с. 115—136, 1962.
- ¹⁰ А. Т. Асланян, Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. 32, № 3, с. 3—10 (1979).
- ¹¹ К. Н. Паффенгольц, Изв. АН СССР, Сер. геол. № 1, с. 125—138, 1950.
- ¹² А. Т. Асланян, М. А. Сатиан, Тектонические условия становления офиолитовых зон, Изд. АН АрмССР, Ереван, 1987.

ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.41

Р. Г. Ревазян

О токсичности тяжелых металлов в техногенно-аномальных
агроландшафтах и принципах их детоксикации

(Представлено академиком НАН Армении С. В. Григоряном 10/XII 1992)

Существенной особенностью техногенных аномалий является повышение локальных концентраций тяжелых металлов в отдельных элементах биосферы, в частности, в агроландшафтах, вследствие растущих промышленных выбросов.

Одним из источников загрязнения экосистемы являются предприятия цветной металлургии, где процесс извлечения металлов, в частности золота, сопровождается поступлением в почву больших количеств мышьяка и других тяжелых металлов.

В настоящее время загрязнение тяжелыми металлами охватило значительные сельскохозяйственные территории, прилегающие к Арагатской золотоизвлекательной фабрике (АРЗИФ), в результате чего плодовые сады и другие сельхозугодия частично вышли из строя и значительная часть их находится под угрозой уничтожения.

Выявление закономерностей распространения техногенеза проведено по методике (¹), позволяющей при опробовании получить представительные результаты способом смешанных образцов, где образец составляется из проб, отобранных с площадки размерами 1×1 и 10×10 м. На участках фона и слабых аномалий число смешиваемых проб 4—5, в очагах загрязнения—12—15, что позволяет характеризовать фон с ошибкой до 20%, а антропогенный ореол—с ошибкой до 30%. Содержание тяжелых металлов в исследованных объектах (хвосты, почва, растение, воды) определялось методом количественного спектрального анализа на спектрографе ДФС-8 и СТЭ-1. Для определения мышьяка и кадмия применяли отдельную методику с применением камерного электрода, который дает возможность использования больших навесок образцов, в результате чего значительно повышается чувствительность определения этих элементов (на 1—2 порядка). Лабораторные опыты проводили по ранее описанной нами методике (²). В качестве экстрагента для извлечения соединений мышьяка и кадмия выбрали 1 н. уксуснокислый аммоний, приближающийся по своей растворяющей силе к корневым выделениям

растений. Для вытеснения же элементов из прочнофиксированной формы использовали 2 н. HCl. Величину детоксикации—трансформации обменной формы в прочнофиксированную определяли по разности концентрации исходного и после опыта растворов, по фону и в вариантах с внесением реагентов. Доза применяемых реагентов в опытах колебалась от 0,5 до 5% от веса почвы. Рассчитали «коэффициент дискриминации» или наблюдаемые отношения (н.о.) для выражения прочности связи мышьяка с почвой (³). Химический состав хвостов золотоизвлекательной фабрики представлен в табл. 1. Для оценки загрязнения мышьяком и другими тяжелыми металлами почв выявили закономерности их миграции в агроландшафтах.

Данные табл. 2 показывают, что наличие подвижных форм мышьяка и кадмия было обнаружено почти во всех горизонтах почвенного профиля. Однако их распределение в горизонтах почв неравномерно. Максимум количества приходится на верхний 0—20 см слой почвы в плодовом саду (бурая полупустынная почва), максимальное содержание мышьяка и кадмия отмечается лишь в самом верхнем слое (0—5 см). Механизм поверхностного загрязнения тяжелыми металлами, в известной мере, определяется также их привносом из хвостохранилища в форме сухих выпадений.

Мышьяк и кадмий перемещаются в нижние горизонты почвы и достигают глубины 40—60 см, что представляет определенную экологическую опасность загрязнения грунтовых вод.

Концентрация As более чем в 100 раз выше предельно допустимой нормы (ПДК). Концентрация Cu более, чем в 15 раз, Ni—более 7 раз, Co—более 4 раз и Pb в 2 раза выше ПДК. Приведенные данные показывают, что происходит полиметаллическое загрязнение почвенного покрова и на близлежащих территориях АРЗИФ формируются почвенно-геохимические аномалии с избыточным содержанием мышьяка и других тяжелых металлов.

Повышенное количество мышьяка и других тяжелых металлов, возникшее в результате загрязнения, вызванного АРЗИФ, передалось через почвы растениям. Данные табл. 3 показывают, что содержание мышьяка в различных частях яблони колеблется в больших пределах (2,4—140,0 мг/кг). Мышьяк и другие тяжелые металлы в токсических количествах концентрируются в корнях. Содержание As и Cd в плодах яблони более чем в 10 раз превышает предельно допустимую концентрацию, Ni—более чем в 20 раз и Cu—в 4 раза.

Аналогичные данные получены для травянистых растений, где содержание мышьяка колеблется от 1,1 до 141,5 мг/кг.

Следовательно, токсические количества мышьяка и других тяжелых металлов, мигрирующих в системе почва—растение, вышли за пределы толерантности и привели к частичной гибели плодового сада.

Известно, что ионы тяжелых металлов распределяются по поверхности коллоидных частиц, образующих почвенные агрегаты, и при адсорбции сохраняют свои электрические заряды (^{4, 5}). Сорбенты же

Таблиця 1

Хімічний склад хвостів Араа-скій золотодобувної фабрики

С б ъ е к т И с с л е д о в а н и я	в %													
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	H ₂ O	п п	CO ₂	N ₂ O	K ₂ O	Сумма
II Хвосты АРЗиФ	62,09	0,81	9,53	2,34	2,24	1,76	6,73	0,04	0,63	6,12	2,99	0,75	1,00	100,03
I	в мг кг													
	Mn	Ni	Cu	Pb	Sn	Mo	Co	V	Zn	As	Cd			
II	1100,0	96,0	280,0	110,0	7,5	9,0	58,0	74,0	420,0	700,0	4,3			

Таблица 2

Распределение различных форм тяжелых металлов по профилю почв, мг/кг (среднее за 1991 и 1992 гг.)

Тип почвы, местоположение	Глубина см	As		Cd		Cu	Ni	Cu	Pb	Mo	Mn	Fe
		валовый	подвиж- ный	валовый	подвиж- ный	валовые формы						
Бурая полупустын- ная почва (250 м от АРЗИФ)	0-5	310,0	10,2	2,5	0,08	120,0	260,0	350,0	52,0	9,4	1500,0	5200,0
	5-20	74,0	5,7	1,7	0,04	80,0	190,0	286,0	35,0	6,5	1200,0	48000,0
	20-40	39,0	4,2	1,1	0,03	10,5	12,8	20,8	1,2	2,1	700,0	35000,0
	40-60	15,7	3,1	0,1	0,06	1,4	7,3	4,5	0,1	не обна- ружено	400,0	28000,0
Бурая полупустын- ная почва (14 км от АРЗИФ)	0-5	10,0	0,18	0,16	0,004	25,0	19,6	42,7	15,4	2,4	480,7	38000,0
	5-20	4,8	0,01	0,11	0,004	17,2	25,4	11,4	4,1	1,9	502,1	42000,0
	20-40	13,9	0,21	0,14	0,005	19,5	2,0	15,3	2,1	1,7	93,0	42000,0
	40-60	4,2	не обна- ружено	0,12	не обна- ружено	14,1	4,4	2,7	2,2	1,3	580,0	37000,0

можно рассматривать как отрицательно заряженные матрицы для связывания с ними катионов (6). Поэтому поведение тяжелых металлов в почве и на различных сорбентах зависит от механизма перераспределения между твердой и жидкой фазами (почва—почвенный раствор) и подчиняется законам ионного обмена.

Таблица 3
Содержание мышьяка и других тяжелых металлов в плодовом салу и травостое на опытном участке, расположенном вблизи от АРЗИФ, мг/кг сухого растения

Объект исследования		As	Cd	Ni	Cu	Pb	Mo	V	Mn	Fe
Плодовый сад (яб.-онг.)	Плоды	2,4	0,3	12,2	19,2	0,1	0,08	0,3	20,2	160,0
	Листья	2,8	0,08	2,9	15,0	2,4	0,1	0,8	40,2	292,0
	Корни	140,0	1,6	63,2	99,0	80,0	14,0	52,4	420,0	2750,0
Травы	Злаки	7,4	0,9	2,0	60,9	3,3	4,6	1,9	14,5	104,0
	Разнотравье	1,1	0,06	0,8	15,7	0,5	0,19	1,5	16,9	90,0
	Корни	141,5	1,1	127,0	238,0	50,9	17,0	28,3	67,9	1924,0

Наша концепция по детоксикации тяжелых металлов в почве заключается в переводе водорастворимых и обменных форм в нерастворимые—прочносвязанные формы путем комплексного подхода—сорбции и образования труднорастворимых химических соединений.

Таблица 4
Влияние различных реагентов на содержание мышьяка и кадмия в 2,0 н. вытяжке из загрязненной почвы АРЗИФ, мг/кг

В а р и а н т ы	As	Cd
Загрязненная почва (фон)	1,6	0,092
Фон + диатомит	0,49	0,014
Фон + доломит	1,2	0,009
Фон + перлит	0,62	0,032
Фон + кеолит	0,68	0,057
Фон + бентонит	0,92	0,084
Фон + диатомит + H_3PO_4	0,28	0,063
Фон + перлит + H_3PO_4	0,35	0,074
Фон + перлит + $Al(OH)_3$	0,46	0,028
Фон + доломит + $Al(OH)_3$	0,98	0,001

Примечание. Сорбенты применялись в измельченной форме (тлина помола 160 мк).

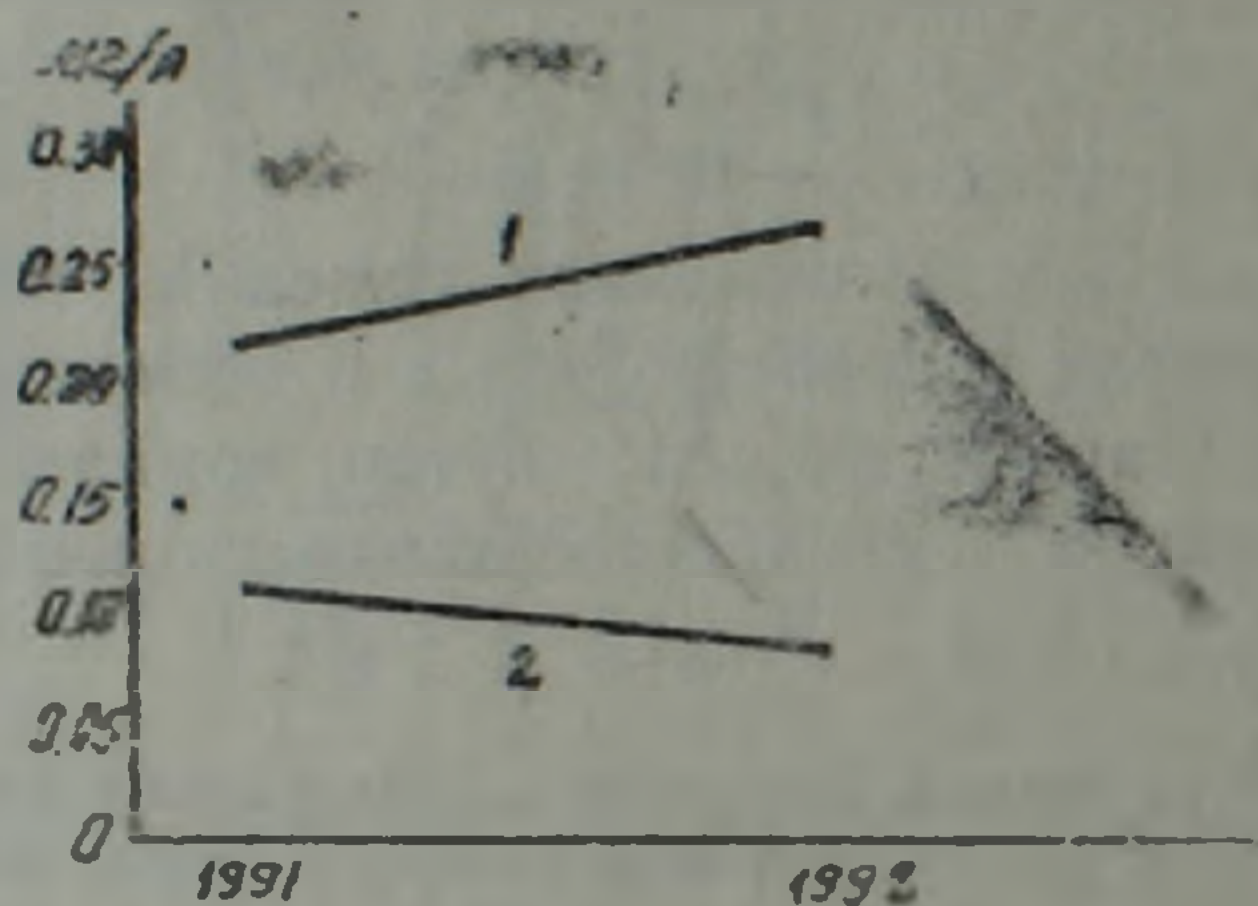
Данные опытов показывают (табл. 4), что по эффективности закрепления мышьяка реагентами выделялись варианты с приме-

нием диатомита и перлита, при этом наибольший эффект получен при совместном применении указанных сорбентов с ортофосфорной кислотой и гидроокисью алюминия, где концентрации мышьяка падают по сравнению с фоном в среднем в 3—4 раза.

Высокая величина детоксикации в вариантах с применением сорбентов с различными реагентами, по-видимому, связана с тем, что наряду с сорбцией имела место трансформация мобильных форм As и Cd в прочносвязанные.

Сорбенты характеризовались неодинаковым действием на содержание мышьяка в 2 н. вытяжке HCl. Наряду с 3—5-кратным снижением концентрации мышьяка в вытяжке под влиянием диатомита и перлита в присутствии ортофосфорной кислоты наблюдался и более слабый эффект в вариантах с доломитом и бентонитом.

В отношении кадмия, напротив, наиболее хорошие результаты получены при применении доломита с гидроокисью алюминия, что вероятнее всего обусловлено как щелочной средой, так и их сорбционными свойствами.



Содержание мышьяка в фильтрате 1 — без использования сорбента (контроль); 2 — с использованием сорбента

Для выявления действия сорбентов на миграционную активность мышьяка были заложены также модельные лизиметрические опыты методом воронок Эбермайера (?). Результаты исследования показали (рисунок), что химизм инфильтрационных вод значительно меняется в зависимости от применения сорбента. В варианте с применением диатомита обнаружено наименьшее количество ионов мышьяка (в 2—3 раза ниже контрольного варианта), что, очевидно, обусловлено высокой селективностью диатомита в отношении мышьяка. При этом характер сорбции мышьяка с диатомитом со временем изменился и обменная форма постепенно трансформировалась в прочнофиксированную. Так, в первый год опыта концентрация ионов мышьяка в фильтрате ниже контрольного варианта в 2 раза, а во второй год—3 раза.

Для выявления прочности связи мышьяка с почвой по сравнению с идентичным ему по некоторым свойствам ванадием рассчитали наблюдаемые отношения для этой пары применительно к системе

почва--фильтрат. В данном случае величина н.о. находится из соотношения
$$н. о. = \frac{As/V \text{ мг/кг в фильтрате}}{As/V \text{ мг/кг в почве}}$$

Данные табл. 5 указывают на значительное понижение миграционной активности мышьяка (величина н.о.) при применении сорбента, что свидетельствует о преобладающей роли фактора связывания мышьяка диатомитом. Следовательно, лизиметрические исследования подтвердили данные опытов по закреплению мышьяка сорбентами.

Таблица 5

Количественные отношения мышьяка с ванадием и величины н. о. для пары почва—фильтрат

Объект исследования	Сотношение As/V	н.о.
Загрязненная почва	0,38	—
Фильтрат (с загрязненной почвы) без применения сорбента	0,6	1,6
Фильтрат (с загрязненной почвы) с применением сорбента	0.25	0,6

Таким образом, проведенные исследования позволили заключить, что в закреплении мышьяка и кадмия большую роль играют сорбенты в сочетании с разными реагентами, и здесь приходится иметь дело с многофункциональной зависимостью, куда входит и необменная форма поглощения. Дальнейшая расшифровка роли отдельных факторов представляет особую задачу.

Центр эколого-ноосферных исследований Национальной академии наук Армении

11. 2. ԻՆՎԱԶՅԱՆ

Տեխնոգեն-անոմալ ագրոլանդաֆտների ծագւո մետաղներով աղտոտվածության և դրանց դետոքսիկացիայի սկզբունքների մասին

Արարատի ոսկու կորդման ֆարրիկայի մերձակա տարածքում կատարած ուսումնասիրությունները հայտնաբերել են մկնդեղի և մի շարք այլ ծանր մետաղների տոքսիկ քանակություններ, որոնք դուրս են եկել հանդուրժողականության սահմաններից և առաջ բերել պտղատու այգու մասնակի ոչնչացում:

Հաշվի առնելով այդ հանգամանքը, նշված տեխնոգեն-անոմալ հողերը, մոդելային փորձերի օգնությամբ, ենթարկել ենք դետոքսիկացիայի, որի շնորհիվ մկնդեղի տոքսիկ քանակությունները մասամբ վեր են ածվել ամուր կապված ձևերի:

Մեր կոնցեպցիան ծանր մետաղների դետոքսիկացիայի վերաբերյալ կայանում է դրանց չրալույծ և փոխանակային ձևերը անլուծելի և ամուր կապված ձևերի վերածելու մեջ, որը իրականացվում է կոմպլեքս մոտեցման

սորբցիայի և դժվարալուծ քիմիական միացությունների առաջացման օգ. նությամբ:

Նշված հոդերում մկնդեղի և կադմիումի դետոքսիկացիայի վերաբերյալ առաջին հետազոտությունների արդյունքները ցույց են ափել տվյալ ուղղության ճշմարտացի և ակնհայտ հեռանկարային լինելը: Առանձին գործոնների դերի հետազոտ րացահայտումը իրենից ներկայացնում է ուսումնասիրության հատուկ առարկա:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Ր Ե Մ Ի Ն

- 1 С. В. Григорян, Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий химическими элементами, ИМГРЭ, М., 1984.
- 2 Р. Г. Реваян, Л. А. Араратян, Б. Х. Межунц, ДАН Армении, т. 93, № 3 (1992).
- 3 С. L. Comar, *e. a.*, Strontium-calcium movement from soil to Man Science, 1957, № 3272.
- 4 А. Е. Возбуцкая, Химия почв, Высшая школа, М., 1968.
- 5 Ю. И. Тарасевич, Ф. Д. Овчаренко, Адсорбция на глинистых минералах, Наукова думка, Киев, 1975.
- 6 Г. Уолтон, Ионный обмен, Мир, М., 1951.
- 7 Ф. А. Юдин, Методика агрохимических исследований, Колос, М., 1971.

БИОХИМИЯ

УДК 616.98:518.835.26

А. С. Агабалян, Л. У. Назаров, А. Р. Базиян, Э. Б. Акопян, А. А. Багдасарян,
Г. А. Геворкян, чл. корр. НАН Армении, Г. А. Чухалжян, Р. А. Захарян

дсРНК как фактор, стимулирующий регенеративные
и репаративные процессы в раневых тканях

(Представлено 15/1 1992)

Известно, что заживление послеоперационных ран зачастую проходит с осложнениями, которые как правило связаны с нагноением раны, вызванным реинфицированием последней микроорганизмами. Борьба с микроорганизмами при помощи антибиотиков, антисептических препаратов в основном малоэффективна, что и обуславливает поиск новых, нетоксичных и высокоэффективных препаратов, предохраняющих рану от повторной инфекции и стимулирующих процессы репарации и регенерации тканей.

Одним из таких средств явилась двухслойная, биосовместимая, самоклеющаяся пленка «Диплен» (1). Показано, что «Диплен» способствует восстановлению микроциркуляции, снятию отека и препятствует реинфицированию раны (2). В то же время пленка сама по себе не является непосредственным фактором, стимулирующим процессы регенерации и репарации в раневой поверхности, а использование пленки «Диплен», содержащей в своем составе различные антибиотики, хотя и способствовало более сильной защите от реинфицирования раны, однако не стимулировало усиления процессов регенерации и репарации (3).

В этой связи представлялось целесообразным использование в составе пленки «Диплен» различных иммуно- и биостимуляторов с целью повышения неспецифической резистентности организма и усиления первичного и вторичного иммунного ответа.

С этой целью в настоящей работе была использована пленка «Диплен», содержащая кальциевую форму дсРНК (Са-дсРНК).

Стерильную пленку «Диплен» и Са-дсРНК получали, как описано ранее (1-4). Эксперименты были проведены на 45 кроликах породы шиншилла, массой 2—2,5 кг. Животных фиксировали на спине, под местным обезболиванием 0,5%-ным раствором новокаина, придерживаясь общепринятых принципов асептики и антисептики, на 6 часах по циферблату иссекали треугольный лоскут слизистой оболочки

анального канала размером $1 \times 0,5$ см. Иссеченные ткани отбирались для гистоморфологического исследования.

Для проведения экспериментов животные были подразделены на три группы (по 15 кроликов в каждой). В первой группе животных раны в анальном канале моделировали вышеописанным способом, животные не получали никакого лечения. Вторую группу составили животные, у которых рану анального канала покрывали пленкой «Диплен», и наконец в третьей группе животных после предварительной хирургической обработки раневую поверхность покрывали пленкой «Диплен», содержащей кальциевую форму дсРНК («Диплен-Са-дсРНК»).

На 3, 5, 7 и 9 сутки после операции под местным обезболиванием иссекали раны анального канала в пределах здоровых тканей и проводили морфогистохимические исследования иссеченных тканей.

В первой, контрольной, группе животных на 3—5 сутки гистохимически отмечалась типичная для гнойной раны картина (рис. 1). На рисунке видно, что слой некротической ткани на поверхности раны обильно инфильтрирован полиморфоядерными лейкоцитами, в межсудистом пространстве и в стенках капилляров отмечается накопление лейкоцитов. Повышение сосудисто-тканевой проницаемости явилось причиной выраженного отека и диапедезных кровоизлияний в околосудистом пространстве.

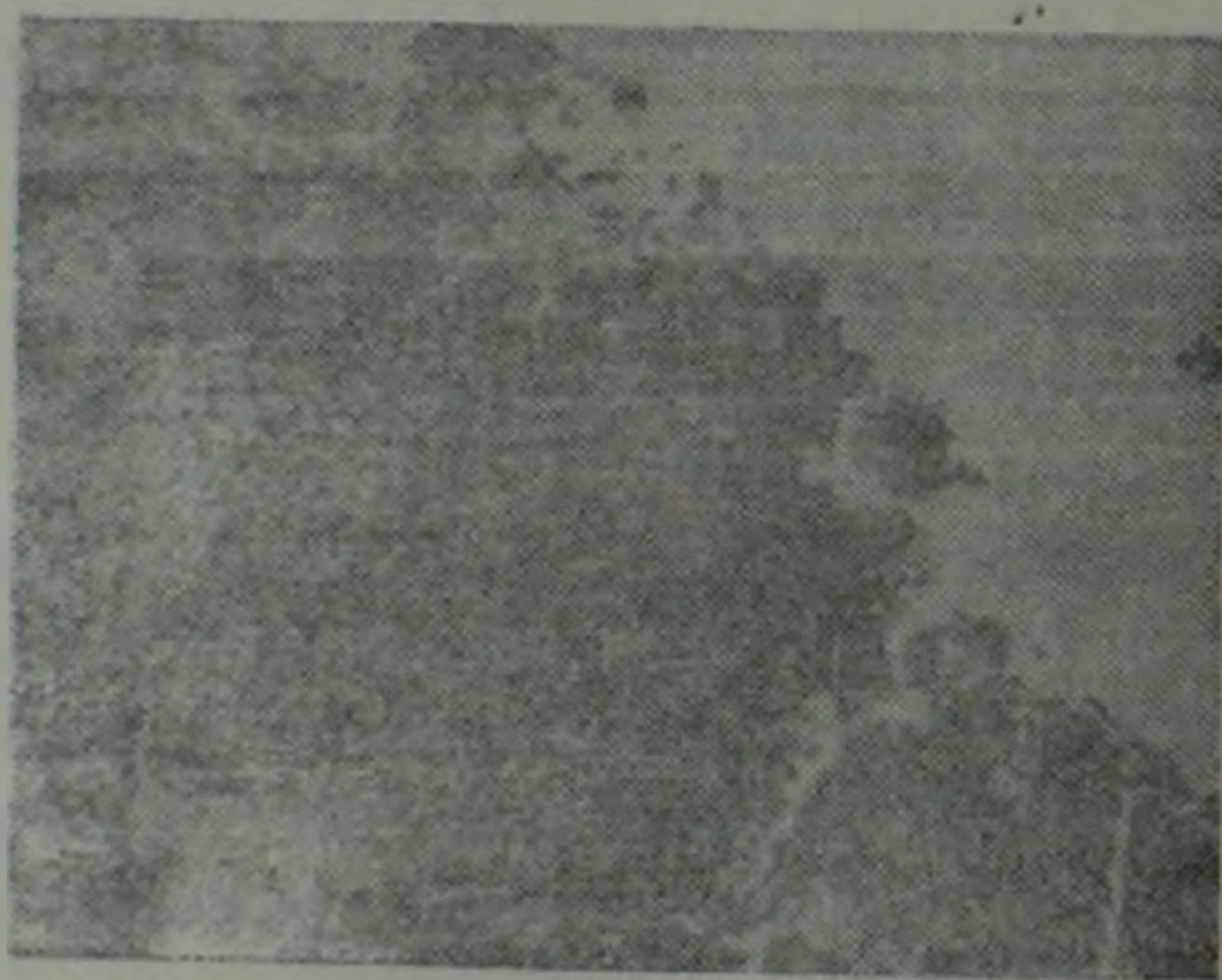


Рис. 1. Воспаление. Отек. Выраженная деструкция. Некроз. Инфильтрация. Окраска гематоксилин-эозином. $\times 150$

На 7—9 сутки в этой группе животных отмечались явления некоторого стихания картины острого воспаления, однако наблюдались процессы инфильтрации и наряду с полиморфоядерными лейкоцитами появлялись плазматические клетки, отмечались фибробластические изменения. В эти же сроки на поверхности раны сохранен тонкий слой фибринозно-некротических отложений. На дне раны имелись островки грануляционной ткани, инфильтрированной полиморфоядерными лейкоцитами.

У животных второй группы на 3—5 сутки послеоперационного периода на поверхности раны макроскопически определялась полимерная пленка «Диплен». Гистологическая картина в эти сроки носила менее яркий характер по сравнению с таковой в контрольной группе. Наблюдалась инфильтрация тканей нейтрофильными лейкоцитами, лимфоцитами и плазматическими клетками. В краях раны и на дне ее имелась выраженная гнойная диффузная инфильтрация, здесь же встречаются участки некроза. Нарушения микроциркуляторного русла проявляются в виде расширения капилляров, диапедезных кровоизлияний и выраженного отека. Одновременно наблюдаются гидратация и набухание коллагеновых и эластических волокон. На 5 сутки воспаление носило такой же интенсивный характер, однако по морфологическим показателям несколько отличалось, наблюдались качественные сдвиги, менялось соотношение клеточных популяций, отмечалось увеличение числа макрофагов и фибробластов. Сохранялись явления отека, микроциркуляторные нарушения, деструктивные изменения клеточных элементов и волокнистых структур рыхлой соединительной ткани. В то же время на дне раны начали отмечаться тяжи молодой соединительной ткани, богатой вновь образованными капиллярами.

На 7—9 сутки наблюдались остатки клеящего слоя пленки, а воспаление морфологически практически не выявлялось. Поверхность раны была покрыта тонким слоем фибрина, под которым обнаруживались островки грануляционной ткани с характерными вертикальными сосудами. Среди клеточных элементов воспалительной инфильтрации преобладали лимфоциты и плазматические клетки, отмечаются дистрофические изменения клеточных элементов и волокнистых структур. Вместе с тем не наблюдалось выраженных признаков активации репаративных процессов, хотя и отмечалась начинающаяся коллагенизация стромы (рис. 2).

Полученные данные показывают, что полимерная пленка «Диплен» способствует восстановлению микроциркуляции, снятию отека и препятствует реинфицированию раны. Однако она не является непосредственным фактором, стимулирующим репаративные процессы в ране, хотя, улучшая морфологическую картину тканей, опосредованно влияет на процессы заживления раны.

При исследовании тканей, иссеченных из анального канала кроликов, леченных полимерной пленкой «Диплен-Са-дсРНК», на 3 сутки после операции на поверхности раны определялась пленка «Диплен-Са-дсРНК». К этому сроку выявляются достоверные положительные изменения в состоянии раны. Микроскопически обнаруживается плотный слой фибрина, покрытый полимерной пленкой. Под фибриновым слоем отмечается развитие молодой грануляционной ткани, наблюдается воспалительный вал из сегментоядерных лейкоцитов. Вокруг сосудов грануляционной ткани концентрировались клеточные элементы, в основном фибробласты и макрофаги. На ранних стадиях созревания грануляционной ткани выявлялись единичные

пучки фуксинофильных волокон, свидетельствующие о collagenизации стромы.

На 5 сутки наблюдалось интенсивное расслаивание отложений фибрина, скопление лейкоцитов обнаруживалось местами (рис. 3). Отмечается полное созревание грануляционной ткани, увеличение количества фибробластов и гистицитов, числа макрофагов, замещение дефекта тканей грануляционной тканью. Вся раневая поверхность покрыта эпителием. Процессы эпителизации проходят параллельно с созреванием грануляционной ткани. В это время капилляры грануляционной ткани приобретали характер вертикальных петель. Визуально: рана сухая, не гиперемирована, чистая, без следов каких-либо выделений.

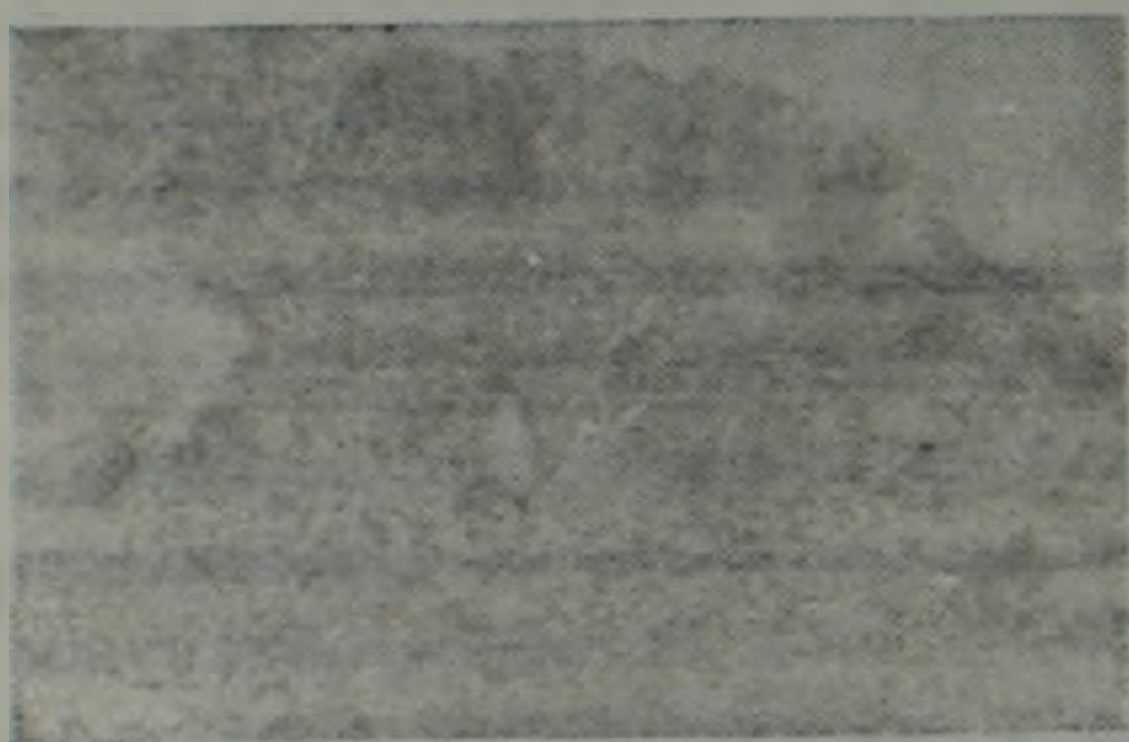


Рис. 2. Снижение воспалительной реакции. Уменьшение инфильтрации. Тяжи грануляционной ткани с фиброзными превращениями. Окраска толуидиновым синим. $\times 70$

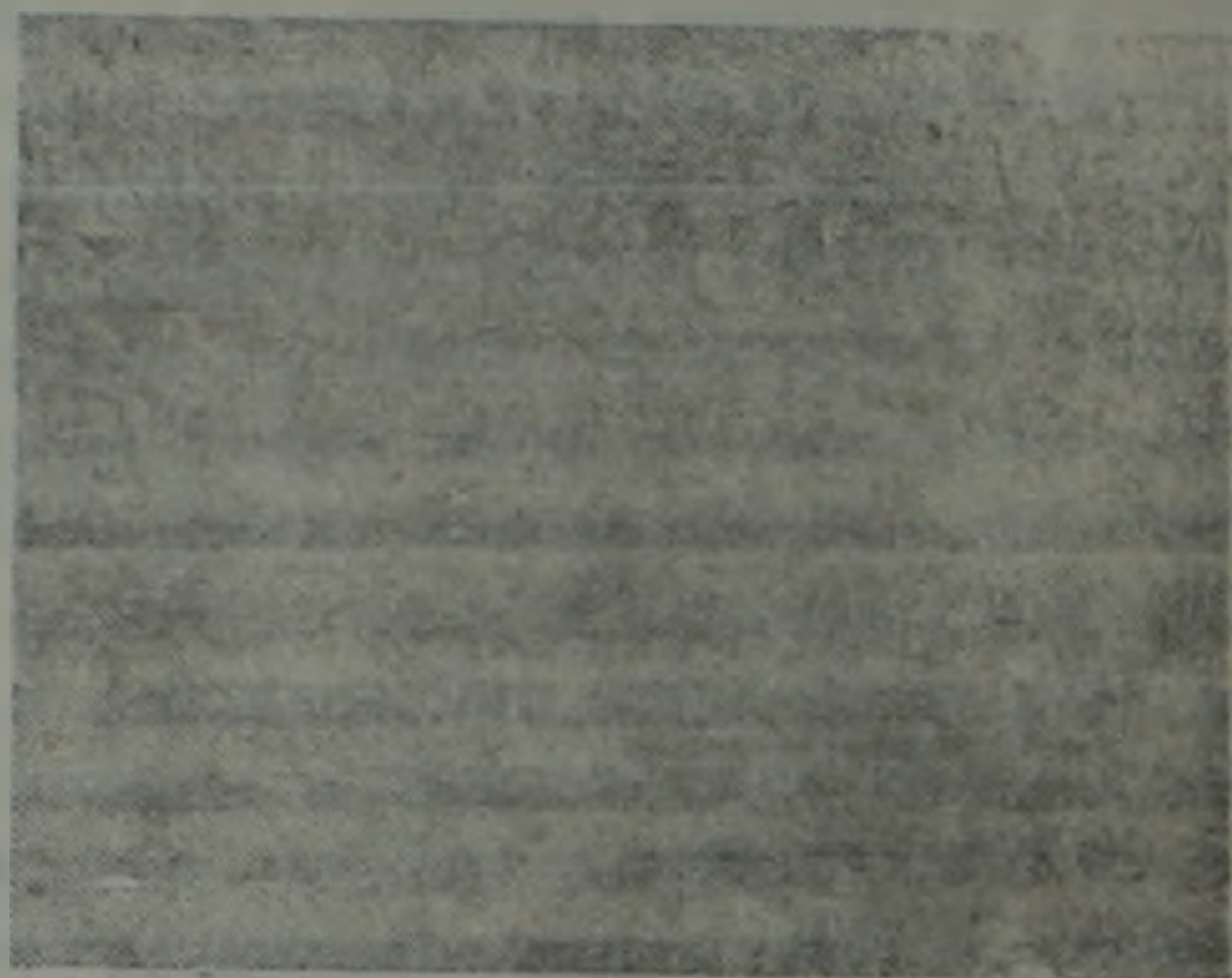


Рис. 3. Полное восстановление слизистой по типу резорпции. Окраска толуидиновым синим. $\times 70$

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что пленка «Диплен-Са-дсРНК» активизирует макрофагальную реакцию, нормализует систему микроциркуляции, усиливает, в отличие от чистой пленки «Диплен», пролиферацию и дифференцировку фибробластов, созревание грануляционной ткани и процессы эпителизации, в результате чего заживление раны происходит уже на 3—5 сутки после операции.

Научно-исследовательский институт
проктология Министерства здравоохранения Армении

Ա. Ս. ԱՂԱՐԱՅԱՆ, Լ. ՌԻ. ՆԱՉԱՐԱՎ, Հ. Ռ. ԲԱԶԻՅԱՆ, Է. Բ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ,
Ա. Հ. ԲԱՂԿԻԱՍԱՐՅԱՆ, Գ. Ա. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Հայաստանի ԳԱԱ րդր. անդամ
Գ. Ա. ՉՈՒԽԱԶՅԱՆ, Ռ. Ա. ՋԱՔԱՐՅԱՆ

Երկրել ՌՆԹ ուղեւ վերին հյուսվածքներում վերականգնման և
ոնկոլոգիայի պրոցեսները խթանող գործոն

Սույն աշխատանքում ուսումնասիրված է վերին հյուսվածքներում վերա-
կանգնման և ոնկոլոգիայի պրոցեսները, որոնք խթանվում են ՌՆԹ-ով, ջուլը
է տրված, որ երկրել ՌՆԹ-ի կիրառումը երկշերտ կենսահամատեղելի թա-
ղանթի՝ «Դիպլեն»-ի քաղաղություն մեջ, նպաստում է վերին հյուսվածքնե-
րի վերականգնման արագացմանը: Չափարների հետախոյզի վերին վերջված
հյուսվածքների դուր մորֆոլոգիական ուսումնասիրությունները ցույց են
տրվել, որ ի տարբերություն մաքուր թաղանթի՝ «Դիպլեն»-ի, «Դիպլեն» —
Ca-gc PHK» թաղանթը 1,5—2 անգամ արագացնում է հետվիրահատական
վերին հյուսվածքների վերականգնումը:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- 1 И. Х. Геворкян, Г. А. Чухаджян, Авт. свидетельство СССР, № 722214, 1978.
2 А. Р. Базиян, Лечение анальных трещин с применением клебных композиций и
полимерных соединений. Автореф. канд. дис., Ереван, 1988. 3 Г. А. Чухаджян и др.,
Арм. хим. журнал, т. 37, с. 586—590 (1989). 4 Р. А. Захарян и др., Эксперименталь-
ная онкология, т. 7, с. 54—56 (1985).

УДК 595.422:592/599:001.4

Э. С. Арутюнян

Новый вид рода *Neopodocinum* Oudemans, 1902
семейства *Macrochelidae* Vitzthum, 1930
(*Parasitiformes*, *Mesostigmata*)

(Представлено академиком НАН Армении С. О. Мовсесяном 29/XII 1990)

При изучении коллекционного материала по жукам Института зоологии НАН РА, собранного в нашей стране и в других странах мира, на *Geotrupes stercorarius* L. и *Geotrupes impressus* Gebb. обнаружен новый вид клеща из рода *Neopodocinum*, описание которого приводится ниже.

Номенклатура щетинок в тексте дается по Эвансу (¹) с некоторыми изменениями. Размеры указаны в микронах (мкм). Ширина дорсального щита самки измерялась на уровне щетинок D_5 .

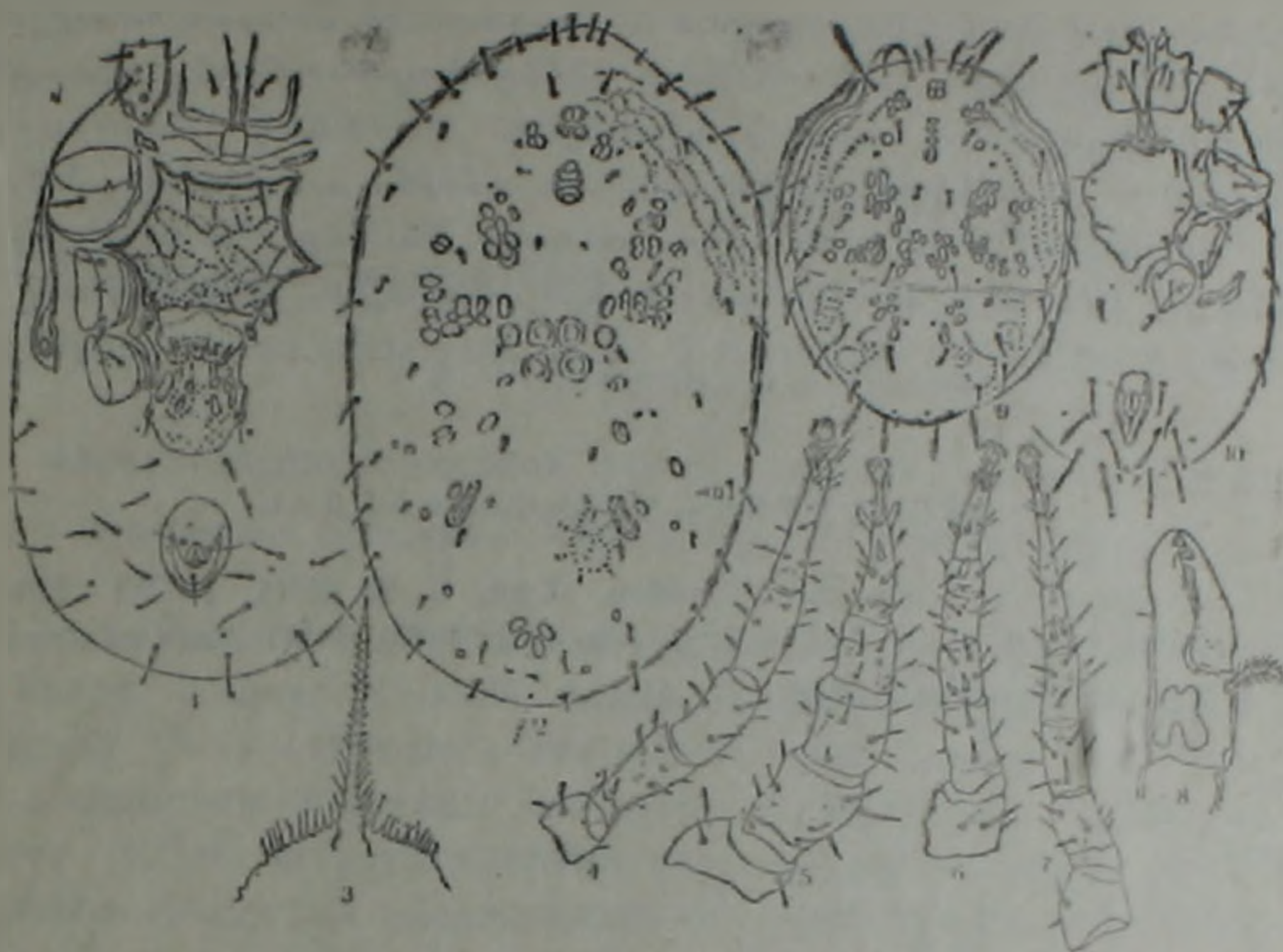
Neopodocinum wainsteini Arutunjan sp. nov.

Материал. Головка ♀, УзССР, Фергана, собран на *Geotrupes impressus* Gebber, препарат № 39. Паратипы: тот же препарат 3♀, IPN и препарат № 37, 2♀, снятые с *Geotrupes stercorarius* L., собранного из Финляндии. Сборщики, дата сбора и конкретное местонахождение жуков неизвестны, по-видимому, материал собран в 1925—1930 гг.

Типы хранятся в лаборатории акарологии Института зоологии НАН РА.

Самка (рисунок, 1—10). Дорсальный щит яйцевидной формы, темно-желтоватой окраски со своеобразным рисунком. Щит со слабо заметной пунктированной поверхностью, сетчатость заметна только по краям передней части и позади щита. На щите 30 пар разнородных, в основном мелких щетинок; кроме первых и вторых пар спинных ($D_{1, 2}$), первых пар медиальных (M_1) и передних четырех пар латеральных (L_{1-4}) опушенных щетинок остальные игольчатые. Длина дорсального щита 1215, ширина 820. Передний и задний края стернального щита слабовыемчатые; первая пара стернальных щетинок опушенная; щит с резко выраженной пунктированной поверхностью. Метастернальные щитки имеются. Генитальный щит широкий, его задний край слегка выпуклый. Анальный щит яйцевидный. Щетинки сзади, кроме первой пары вентральных щетинок (V_1), опушенные. Тектум узкий, опушенный, расширяющийся к основанию,

его боковые края с длинными зубчиками (рисунок, 3). Щетинки I—IV ног разнородные (рисунок, 4—7). Подвижный палец хелицер с одним заметным зубцом, а неподвижный, кроме игловидного придатка, с тремя зубцами (рисунок, 8).



Neopodocinium wainsteini Arutunian sp. nov. Самка (1—8). 1 — снизу, 2 — сверху, 3 — тектум 4 — нога I; 5 — нога II; 6 — нога III; 7 — нога IV; 8 — хелицера. Протонимфа (9, 10): 9 — сверху; 10 — снизу

Протонимфа (рисунок, 9, 10). Спинную поверхность покрывают два дорсальных щита, поверхность которых гранулированная со слабо выраженной сетчатостью. Передний щит (карапакс) несет 11 пар различной длины разнородных щетинок, задний (нотогастер)—6 пар гладкоигольчатых щетинок (рисунок, 9). Длина переднего щита—карапакса 430, а ширина на уровне последних спинных щетинок 527. Длина заднего щита—нотогастера 222, ширина на уровне первых латеральных щетинок нотогастера 420. Перитрема короткая, расположена на щитке. Щетинки, окружающие анальный щит, кроме первых пар вентральных щетинок, густо перистые (рисунок, 10).

Самец неизвестен.

Вид назван именем известного акаролога Б. А. Вайнштейна.

По морфологическим признакам ряда структур дорсального щита и по строению тектума вид близок к *Neopodocinium bartkei* Micherdz. 1964 (2, 3), но по строению и размерам спинных, медиальных и медиально-латеральных щетинок, по строению стернального и генитального щитов, по количеству и размерам вентрианальных щетинок, по строению перитремальных щитов и другим признакам эти виды хорошо различаются.

Նոր սեռակ *Macrochelidae* Vitzthum, 1930 ընտանիքի
Neopodocinum Oud., 1902 սեռից (Parasitiformes, Mesostigmata)

Ներկա հոդվածում նկարագրվում է Հայաստանի Հանրապետության գի-
տությունների ակադեմիայի կենդանաբանության ինստիտուտի
բզեզների հավաքածուի ուսումնասիրության ժամանակ հայտնաբերված
Macrochelidae ընտանիքի *Neopodocinum* սեռին պատկանող *Neopodo-*
cinum wainsteini Arutunjan նոր տեսակ: Տեսակը հայտնաբերված է
Ֆերգանայից (Ուզբեկական ՍՍՀ-ից) և Ֆինլանդիայից, պարազիտում (մա-
կարում) է *Geotrupes impressus* և *Geotrupes stercorarius* բզեզներին:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ G. O. Evans, J. Linn. Soc. London, Zool. v. 43 (291), p. 253—259 (1957).
² G. W. Krantz, Acarologia, t. VII, f. 2, p. 139—226 (1965). ³ W. Micherdzinski, Aca-
rologia, t. VI, f. 2, 229—240 (1964).

Физиология

УДК 612.826.8:612.822:612.825:612.827

А. О. Бантикян, О. П. Косоян

Электрофизиологический анализ мосто-мозжечковой проекции

(Представлено академиком НАН Армении В. В. Фанарджяном 15/IV 1992)

Релейными образованиями для нисходящих корково-мозжечковых сигналов помимо нижней оливы—единственного источника лазающих волокон (^{1, 2})—являются некоторые ядра ствола мозга, дающие начало мшистым волокнам мозжечка, и среди них собственные ядра моста (СЯМ) и ретикулярное ядро покрышки моста (РЯПМ) (²⁻⁴). Морфологическими исследованиями установлено, что РЯПМ помимо проекции в кору мозжечка отдает коллатерали аксонов своих ретикуломосто-мозжечковых нейронов в промежуточное и латеральное ядра мозжечка (⁵⁻⁷). Такого коллатерального ветвления в ядра мозжечка не показано для мосто-мозжечковых нейронов СЯМ (⁵). Настоящее исследование посвящено электрофизиологическому анализу указанных проекций.

Эксперименты проведены на 28 взрослых кошках, наркотизированных нембуталом. Животное обездвигивали дитилином, и опыт продолжали под искусственным дыханием. Раздражающие электроды помещали на V и VI долики коры мозжечка (рис. 1) на глубину 1,5—2 мм и вводили в его промежуточное и латеральное ядра, а также в среднюю ножку мозжечка с дорсальной стороны контралатерально. Раздражение осуществлялось через биполярные вольфрамовые электроды (межэлектродное расстояние 1,0—1,5 мм) прямоугольными толчками тока длительностью 0,05—0,1 мс, напряжением 0,3—10 В, силой 0,1—0,15 мА. Внутриклеточные потенциалы медиального собственного ядра моста и РЯПМ регистрировались при вентральном подходе микроэлектродами с сопротивлением 15—30 МОм. После каждого эксперимента определяли области раздражения и отведения с помощью электролитических меток исследуемых образований.

На раздражение V долики мозжечка в РЯПМ обнаружены нейроны, реагирующие генерацией потенциалов действия (ПД), характеризующихся коротким и стабильным скрытым периодом (0,25—1,1 мс) (рис. 2). При изменении интенсивности раздражения ПД возникали по типу «все или ничего» и следовали частоте раздражения

300 Гц и выше. Указанные особенности ответов дали основание характеризовать их как антидромные. Такого же типа ответы были выявлены на раздражение VI долики коры мозжечка (рис. 2). Скрытые периоды их выявления составляли 0,3—1,05 мс. На раздражение указанных долек мозжечка в нейронах РЯПМ синаптические потенциалы не были обнаружены.

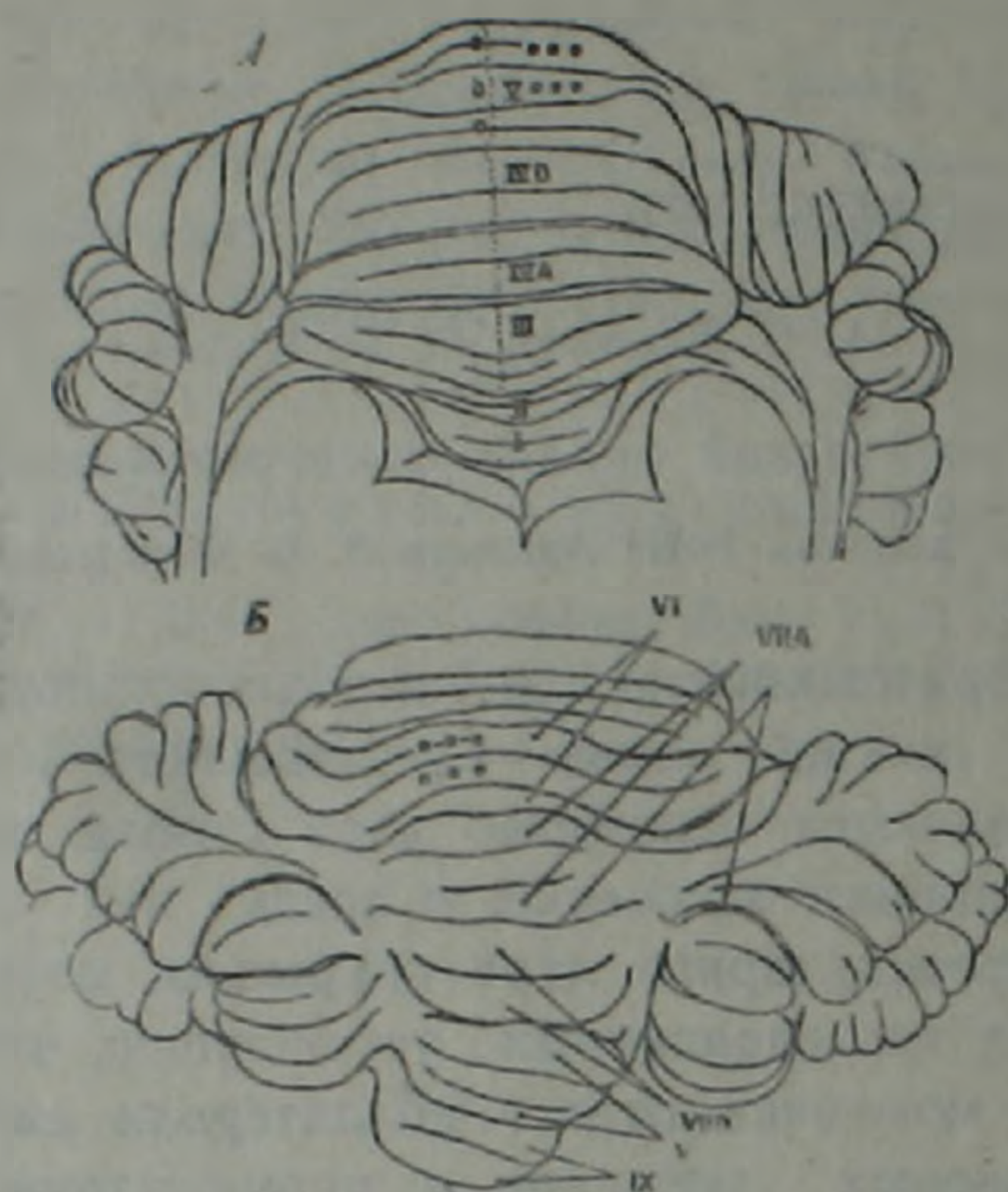


Рис. 1. Схематическое изображение срезов коры мозжечка с передней (А) и дорсальной (Б) сторон. Черные кружки в дольках V и VI соответствуют областям, подверженным раздражению

Характерные антидромные ПД и отсутствие синаптических потенциалов также выявлены в нейронах медиального СЯМ на раздражение идентичных структур коры мозжечка (рис. 2). Скрытые периоды антидромного возбуждения нейронов СЯМ на раздражение V и VI долек составляли 0,2—1,15 и 0,25—1,15 мс соответственно. Как в РЯПМ, так и в СЯМ были обнаружены нейроны, отвечающие генерацией антидромного возбуждения на раздражение обеих долек коры мозжечка (рис. 2). Такие нейроны РЯПМ и СЯМ не отличались по своим электрофизиологическим свойствам от тех нейронов, которые генерировали ПД только на раздражение одной долики коры мозжечка. Дивергентный характер аксонов ретикуло-мостовых нейронов выявлялся при регистрации от центральных областей РЯПМ, в то время как дивергентная организация мосто-мозжечковой проекции была характерна для нейронов, расположенных дорсально в СЯМ. Идентичное местоположение в РЯПМ и СЯМ имели и те дивергентные нейроны, аксоны которых, просецируясь в кору мозжечка, направляли свои коллатерали к зубчатому, промежуточному или обоим ядрам мозжечка. Скрытые периоды нейронов РЯПМ на раздражение центральных ядер мозжечка равнялись 0,25—1,0 мс (промежуточное ядро), 0,25—1,2 мс (латеральное ядро) и коры мозжечка

0,3—1,1 мс (V долька), 0,3—0,95 мс (VI долька) (рис. 3). Нейроны СЯМ показывали скрытые периоды антидромного возбуждения на раздражение промежуточного и зубчатого ядер. V и VI долек коры мозжечка, соответственно, 0,35—1,0, 0,3—0,95, 0,25—1,1 и 0,3—1,15 мс. Следовательно, импульсы как от РЯПМ, так и от СЯМ в кору мозжечка и его центральные ядра поступают почти одновременно (рис. 3). Обнаружены нейроны СЯМ, антидромно идентифицированные на раздражение V дольки коры мозжечка и отвечающие ортодромным возбуждением на раздражение одного или двух центральных ядер мозжечка. Нейроны СЯМ, направляющие аксоны в VI дольку коры мозжечка, на раздражение центральных ядер мозжечка ортодромного возбуждения не обнаружили.

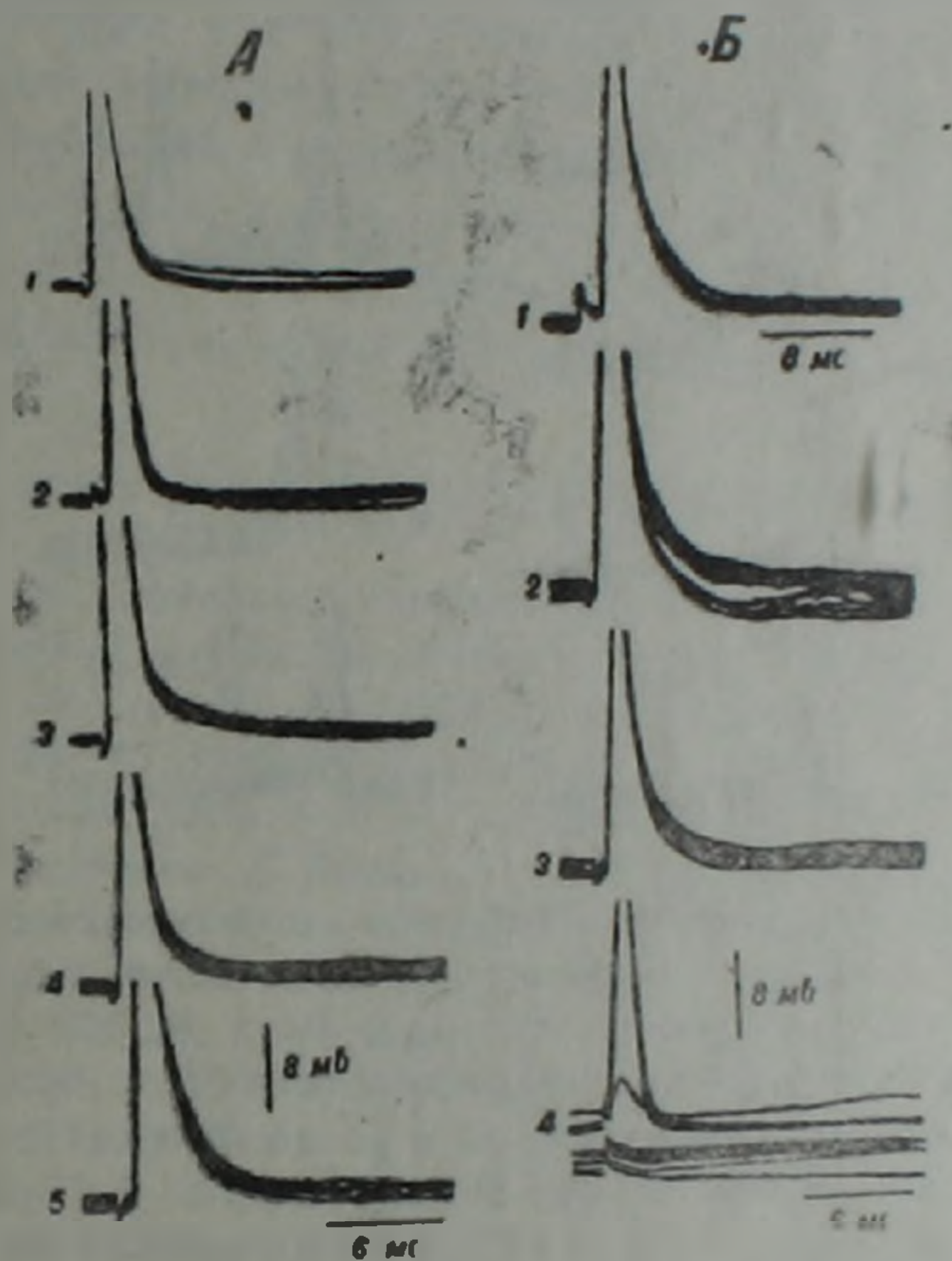


Рис. 2. Антидромное возбуждение мосто мозжечковых нейронов на раздражение V и VI долек коры мозжечка. Антидромное возбуждение трех нейронов ретикулярного ядра покрывки моста (А, 1, 2; Б, 3—5) и двух нейронов медиального собственного ядра моста (А, 4—5; Б, 1). На А, 1 и 4 раздражение VI дольки коры мозжечка. На А, 2, 3 и Б, 1, 3—5 раздражение V дольки коры мозжечка. На А, 5 и Б, 3 раздражение латерального ядра мозжечка. Нижняя запись на Б, 5—внеклеточный потенциал после вывода микроэлектрода из нейрона. Здесь и на последующем рисунке потенциалы зарегистрированы при наложении 5—40 пробегов луча с частотой 1—5/с. Во всех записях использовался усилитель постоянного тока

В отличие от СЯМ в РЯПМ показаны антидромно идентифицированные нейроны, отвечающие ортодромным возбуждением со скрытым периодом 0,45—1,4 мс на раздражение промежуточного ядра мозжечка и активируемые антидромно на раздражение V и VI долек

коры мозжечка (рис. 3). Был зарегистрирован нейрон РЯПМ, который проецируется на V и VI долики коры мозжечка и имеет двустороннюю связь с промежуточным ядром мозжечка (рис. 3).

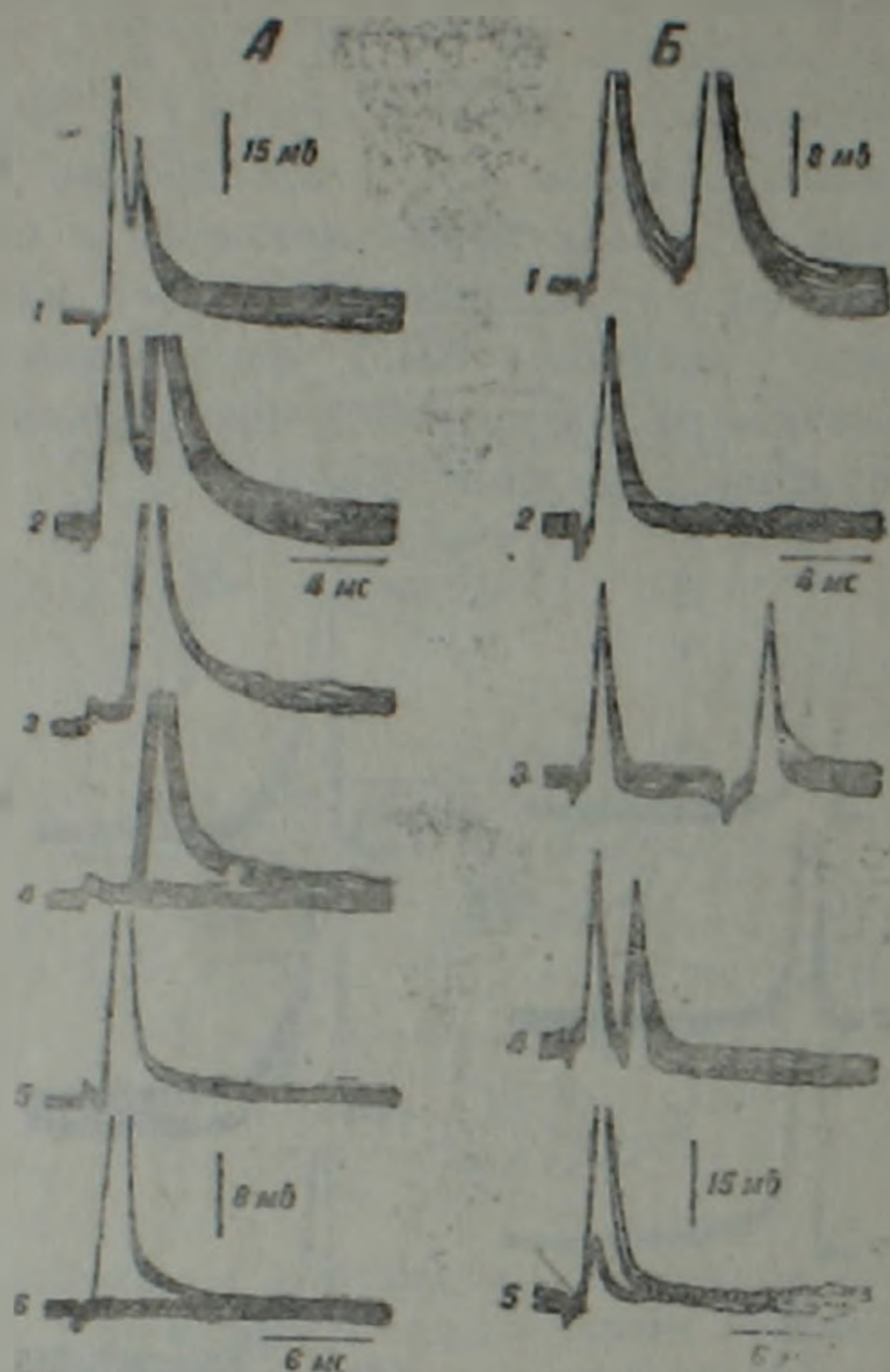


Рис. 3. Особенности активации нейронов предмозжечковых ядер моста на раздражение структур мозжечка. Ответы шести нейронов ретикулярного ядра покрышки моста (А, 1, 2, 3; Б, 2; 3-4, 5) и двух нейронов медиального собственного ядра моста (А, 4; Б, 1). На А, 1, 4 и Б, 4—раздражение промежуточного ядра мозжечка. На А, 3, 5; Б, 2 и Б—раздражение VI долики коры мозжечка. На А, 6—раздражение V долики коры мозжечка. На Б, 1—сочетанное раздражение промежуточного ядра мозжечка и VI долики коры и на Б, 3—латерального ядра мозжечка и V долики коры мозжечка. На А, 5—запись при изменении интенсивности раздражения.

В 1946 г. было показано, что в результате перерезки средней ножки мозжечка у кошки и кролика структуры моста подвергаются полной дегенерации⁽⁸⁾. Эти образования моста—РЯПМ и СЯМ—наряду с парамедианным ретикулярным ядром, латеральным ретикулярным ядром и нижней оливой признаны предмозжечковыми⁽⁹⁾. Мосто-мозжечковая проекция от РЯПМ охватывает все долики мозжечка, за исключением I и X⁽⁶⁾. Детально изучены особенности мосто-мозжечковой проекции у разных видов животных⁽⁹⁻¹³⁾. Отдельные нейроны предмозжечковых ядер моста, проецируясь в кору мозжечка, направляют свои аксонные коллатерали и к его центральным ядрам⁽⁵⁻⁷⁾. Двусторонняя связь между мостом и центральными

ядрами мозжечка, их взаимное возбуждающее влияние является гарантом реверберации импульсов между указанными образованиями и предпосылкой для формирования кратковременной памяти (7)

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
Национальной академии наук Армении

Ա. Հ. ՐԱՆՏԻԿՅԱՆ, Հ. Գ. ՔՈՍՍՈՅԱՆ

Կամրջաուղեղիկային պրոյեկցիայի էլեկտրաֆիզիոլոգիական վերլուծությունը

Ներքջային արտաժման միջոցով ուսումնասիրվել են ուղեղիկի կեղևի 5-րդ և 6-րդ բաժինները զրգռելու դեպքում կամրջի նախաուղեղիկային կորիզների նեյրոնների ակտիվացման առանձնահատկությունները: Ցույց է տրվել կամրջաուղեղիկային և ցանցա(ռետիկուլա)-կամրջաուղեղիկային պրոյեկցիաների տարամիտումը (դիվերգենցիա): Քննարկվում է կամրջա-ուղեղիկային համակարգի կազմակերպության և կարճատև հիշողության ձևավորման մեխանիզմներում գոյություն ունեցող առնչությունը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ G. J. Allen, N. Tsukahara, *Physiol. Rev.*, v. 54, № 4, p. 957—1006 (1974).
² M. Ito, *The Cerebellum and Neural Control*. Raven Press, 1984. ³ G. H. Hodeevik, *Anat. Embr.*, v. 153, № 2, p. 227—242 (1978). ⁴ N. M. Gerrits, J. Voogd, *Exp. Brain Res.*, v. 62, № 1, p. 29—45 (1986). ⁵ P. Brodal, E. Dietrich, F. Walberg, *Neurosc. Res.*, v. 4, № 1, p. 12—24 (1986). ⁶ N. M. Gerrits, J. Voogd, *Neurosc. Lett. Suppl.* 1, p. 145 (1986). ⁷ N. Tsukahara, T. Bando, F. Murakami *e. o.*, *Brain Res.*, v. 274, № 2, p. 249—259 (1983). ⁸ A. Brodal, J. Jansen, *Comp. Neurol.*, v. 84, № 1, p. 31—118 (1946). ⁹ A. Brodal, P. Brodal, *Exp. Brain Res.*, v. 13, № 1, p. 90—119 (1971).
¹⁰ G. H. Hodeevik, A. Brodal, K. Kawamura *e. o.*, *Brain Res.*, v. 123, № 2, p. 209—227 (1977). ¹¹ K. Grottel, R. Zimny, K. Kowalski, *Hirnforsch.*, v. 29, № 2, p. 209—213 (1988). ¹² R. A. Burne, M. A. Eriksson, I. A. Saint Cyr *e. o.*, *Brain Res.*, v. 139, № 2, p. 340—347 (1978). ¹³ G. A. Mithailoff, G. F. Martin, M. Linouts, *Brain Behav. Evol.*, v. 17, № 2, p. 179—208 (1980).

УДК 612.517

К. Р. Арутюнян, Л. А. Саакова

Соматотропиновая регуляция температурного гомеостаза организма

(Представлено академиком НАН Армении В. В. Фанарджяном 5/V 1992)

При исследовании роли физиологически активных пептидов в регуляции различных функций организма, в том числе и в работе центра терморегуляции, интерес представляет соматотропин, обеспечивающий нормальный рост и развитие организма. Его гипервыработка приводит к гигантизму у молодых организмов, а выработка ниже нормы — к гипофизарному карликовому недоразвитию (¹). Соматотропин оказывает значительное влияние на белковый, жировой, углеводный и минеральный обмен организма. Однократное введение соматотропина (²) вызывает двухфазный эффект и снижает уровень глюкозы и свободных жирных кислот в крови, которые через несколько часов восстанавливаются до нормы. При введении соматотропина в организм некоторые авторы (^{3,4}) наблюдали увеличение концентрации неэстерифицированных жирных кислот в сыворотке крови от 37 до 229 % и повышение концентрации натрия и калия от 3 до 5,2 мг %.

В настоящей работе мы попытались выяснить роль соматотропина в регуляции температурного гомеостаза организма на различном температурном фоне его «ядра».

Методом многочасового и высокочувствительного термограммирования у белых крыс в хронических условиях регистрировали динамику изменения кишечной и мышечной температуры в области ободочной кишки и бедренных мышц, температуру хвостовой артерии, а также теплоотдачу излучением и теплосодержание в организме. Температуру ободочной кишки регистрировали на глубине 4—5 см. «Рабочие» спай медно-константановых термопар, регистрирующих мышечную температуру, с помощью инъекционной иглы вводили в мышцы бедра перед каждым опытом на глубину 1,5—2 см. Термопару, измеряющую температуру хвостовой артерии, которая является одним из важных органов теплоотдачи у крыс (⁵), прикрепляли перед каждым опытом с помощью липкого пластыря и коллодия. Запись температуры исследуемых точек производили 12-канальным самопишущим потенциометром типа ЭПП09—МЗ, который подключался к

выходу фотоэлектрического усилителя типа Ф—116/2, с чувствительностью измерения $0,013^{\circ}\text{C}$ для кишечной и мышечной температуры и $0,13^{\circ}\text{C}$ для сосудистой и камеральной. Теплоотдачу излучением определяли по формуле $Q = A \cdot e \cdot E(T_{\text{ж}}^4 - T_{\text{с}}^4)$, а теплосодержание — $Q = m \cdot C(\Delta T)$.

Опыты проводили в двух сериях. В первой серии изучалось действие соматотропина и температурный гомеостаз животного на фоне высокой температуры его «ядра», во второй проводили аналогичное исследование на фоне низкой температуры «ядра» организма. Порядок ведения опыта был следующим: крысу помещали в специальную клетку, в которой она сохраняла естественную позу и исключалось стрессорное влияние на физиологические показатели организма. Каждый опыт проводился на трех бодрствующих крысах и состоял из двух частей. В первой части в течение 30 мин. проводили контрольную регистрацию температуры исследуемых точек до установления плато, после чего двум крысам внутривенно вводили соматотропин (в дозе $0,4$ ед/100 г веса в объеме $0,2$ мл/100 г веса), а третьей—физиологический раствор (в объеме $0,2$ мл/100 г веса). Затем начиналась вторая часть опыта, во время которой в течение одного часа продолжали регистрировать динамику температурных изменений «ядра» и «оболочки» организма под воздействием соматотропина. Всего на 15 крысах проведено 12 много-часовых хронических опытов.

Установлено, что внутривенное введение соматотропина на фоне низкой температуры организма вызывало слабый гипертермический эффект и повышало температуру ободочной кишки в среднем на $0,36^{\circ}$, а скелетной мускулатуры—на $0,29^{\circ}$. Температура «оболочки» организма в области хвостовой артерии при этом повышалась в среднем на $1,41^{\circ}$ (табл. 1). Данные табл. 2 показывают, что введение соматотропина в организм на фоне высокой температуры «ядра» вызывало обратный эффект и приводило к гипотермии, во время которой кишечная температура снижалась в среднем на $0,32^{\circ}$, мышечная—на $0,46^{\circ}$ ($P < 0,02$), а артериальная—на $0,83^{\circ}$.

Таблица 1

Влияние соматотропина на температурный гомеостаз организма на фоне низкой температуры «ядра»

Температура	До введения соматотропина	После введения соматотропина	Теплоотдача в ккал/100 г веса		Теплосодержание в ккал/100 г веса	
			до введения соматотропина	после введения соматотропина	до введения соматотропина	после введения соматотропина
Ободочной кишки	$38,26 \pm 0,11$	$38,62 \pm 0,12$				
Скелетных мышц	$37,52 \pm 0,20$	$37,81 \pm 0,20$				
Хвостовой артерии	$31,29 \pm 2,1$	$32,70 \pm 2,6$	0,020	0,012	3,37	3,35

Влияние соматотропина на температурный гомеостаз организма на фоне высокой температуры «ядра»

Температура	До введения соматотропина	После введения соматотропина	Теплоотдача в ккал/100 г веса		Теплосодержание в ккал/100 г веса	
			до введения соматотропина	после введения соматотропина	до введения соматотропина	после введения соматотропина
Ободочной кишки	38,52 $\pm$ 0,34	38,20 $\pm$ 0,35	0,024	0,010	3,27	3,20
скелетных мышц	37,72 $\pm$ 0,12	37,26 $\pm$ 0,11				
Хвостовой артерии	28,85 $\pm$ 0,56	28,02 $\pm$ 0,55				

Из данных таблиц видно, что введение в организм соматотропина уменьшает уровень радиационной теплоотдачи организма. Однако введение этого пептида в организм на фоне его высокой температуры снижает теплоотдачу на 19 % больше, чем при введении этого пептида в организм на фоне низкой температуры его «ядра». Так, в первом случае теплоотдача от 0,024 ккал/100 г веса снижалась до 0,01 ккал/100 г веса или на 59 %, а во втором случае—от 0,02 ккал/100 г веса—до 0,012 ккал/100 г веса, т. е. на 40 %. Что же касается изменения теплосодержания, то оно как в норме, так и после введения пептида в организм, на различном температурном фоне, составляло в среднем 3,27—3,37 ккал/100 г веса.

Приведенные факты показывают, что механизм соматотропиновой регуляции температурного гомеостаза организма имеет модулирующий характер и обусловлен температурным фоном «ядра» организма. При системном введении в организм соматотропина на фоне низкой температуры «ядра» наблюдается слабый гипертермический эффект, а введение соматотропина в организм на высоком температурном уровне вызывает слабый гипотермический эффект. Надо полагать, что гипертермический эффект соматотропина обусловлен повышением терморегуляционного тонуса мышц и увеличением теплопродукции в соматических мышцах, что подтверждается повышением их температуры в среднем на 0,22° (в отдельных опытах на 0,58°), а также усилением катаболических процессов свободных жирных кислот, которые поглощаются скелетными мышцами и используются как энергетические источники организма (6). С другой стороны, гипертермический эффект соматотропина следует объяснить увеличением несократительного термогенеза и повышением как общего метаболизма, так и теплопродукции в организме. Это предположение подтверждается данными, свидетельствующими, что под влиянием соматотропина резко усиливается процесс гликолиза и утилизации глюкозы в организме (что является основным энергетическим субстратом при несократительном термогенезе) (7*), а также данными (9) о том, что соматотропин увеличивает содержание катехоламинов в крови животных и, следова-

тельно, активизирует симпатическую нервную систему и несократительный термогенез в организме.

Что касается механизма гипотермического эффекта соматотропина, то следует предположить, что его системное введение в организм на фоне высокой температуры «ядра» вызывает обратный эффект: уменьшает концентрацию катехоламинов в крови, снижает активность симпатической нервной системы, что в свою очередь приводит к снижению как сократительного, так и несократительного термогенеза в организме.

На основании наших данных можно сделать вывод, что соматотропиновая регуляция температурного гомеостаза организма обусловлена температурным фоном его «ядра» и осуществляется активацией терморегуляционного тонуса мышц и несократительного термогенеза в организме.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели

Национальной академии наук Армении

Բ. Ռ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Լ. Ա. ՍԱՀԱԿՈՎԱ

Օրգանիզմի ջերմային հոմեոստազի սոմատոթրոպինային կարգավորումը

Ապացուցված է, որ եթե սպիտակ առնետների օրգանիզմի «կորիզի» ցածր ջերմության ֆոնի վրա սոմատոթրոպինի ներերակային ներարկումը հարուցում է հիպերթերմիկ արդյունք և բարձրացնում աղիքային ու մկանային ջերմությունը միջինը $0,29-0,36^\circ$, իսկ օրգանիզմի «թաղանթի» զարկերակային ջերմությունը՝ $1,42^\circ$, ապա սոմատոթրոպինի ներարկումը օրգանիզմ նրա ջերմային հոմեոստազի բարձր ֆոնի վրա, հարուցում է հիպոթերմիկ արդյունք, որի ժամանակ աղիքային ջերմությունը իջնում է միջինը $0,32^\circ$, իսկ կմախքային մկաններիինը՝ $0,46^\circ$, զարկերակինը՝ $0,83^\circ$: Ինչ վերաբերվում է օրգանիզմից ջերմաճառագայթմամբ ջերմարձակմանը, ապա երկրորդ դեպքում ջերմարձակումը $0,024$ կալ/100 գ զանգվածից իջել է մինչև $0,010$ կալ/100 գ կամ 59% , իսկ առաջին դեպքում՝ $0,020$ կալ/100 գ-ից մինչև $0,012$ կալ/100 գ կամ 40% : Օրգանիզմի ջերմապարունակությունը երկու դեպքում էլ կազմել է $3,27-3,37$ կկալ/100 գ:

Ստացված փաստերի հիման վրա եզրակացվում է, որ օրգանիզմի ջերմային հոմեոստազի սոմատոթրոպինային կարգավորումը պայմանավորված է օրգանիզմի «կորիզի» ջերմային ֆոնով: Վերջինիս ցածր ֆոնի վրա սոմատոթրոպինը հարուցում է հիպերթերմիկ, իսկ բարձր ֆոնի վրա՝ հիպոթերմիկ արդյունք:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- 1 H. W. Dayghaday, A. C. Herington, J. Ann. Rev. Physiol., v. 37, p. 211 (1975). 2 R. F. Schmid, G. Thews, Human Physiology, v. 4, p. 111 (1983). 3 J. G. Manns, J. M. Boda, J. Endocrinology, v. 76, № 6, p. 1109 (1965). 4 V. P. Kouacow, R. D. Scow, Am. J. Physiol., v. 210, № 6, p. 1199 (1966). 5 H. T. Hammel, J. Ann. Rev. Physiol., v. 30, № 6, p. 641 (1968). 6 Н. Ф. Баранова, Физиология эндокринной системы, Руководство по физиологии, Наука, Л., 1965. 7 К. П. Павлович, Вопросы физиологии с.-х. животных, Краснодар, 1974. 8 К. Г. Сухомлин, Вопросы физиологии с.-х. животных, Краснодар, 1972. 9 И. М. Соколоверов, Физиология эндокринной системы, Руководство по физиологии, Наука, Л., 1965.

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 591.481.3

М. Б. Назарян, А. А. Петросян, С. III. Мартиросян

О возможных путях включения эпифиза птиц в общую
регулирующую систему репродукции

(Представлено академиком НАН Армении О. Г. Баклаваджяном 4/IX 1992)

В настоящее время, благодаря использованию тонких методов исследования, выявлены целые системы, которые наряду с принятыми классическими представлениями об обязательных трех компонентах, необходимых для нормального полового созревания и функционирования гонад (имеется в виду сочетание гипоталамус—гипофиз—гонады), имеют самое непосредственное отношение к протеканию этих процессов. Речь идет о нонапептидэргической гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системе (ГГНС) и эпиталамо-эпифизарной системе и, в частности, об эпифизе. Имеются также данные, указывающие на возможность участия катехоламинов симпато-адреналовой системы в регуляции размножения и смены оперения у кур (¹).

В отношении ГГНС доказано, что в изучении механизмов размножения она занимает особое место и что нонапептидные нейрогормоны (вазопрессин и окситоцин) и их гомологи играют роль биостимуляторов в функции гонад (²). Что же касается эпифиза, то эта железа, по крайней мере для птиц, является необходимым звеном в общей цепи нейрогуморальных факторов, обеспечивающих наступление полового созревания и нормальное протекание овуляторного цикла.

В настоящем сообщении, опираясь на собственные и литературные данные, делается попытка вскрыть возможные пути включения эпифиза в механизмы размножения, а также реализации гормонального эффекта эпифиза на гонады у кур. Исходя из поставленной задачи, нам представляется логичным прежде всего несколько подробнее остановиться на структурных особенностях симпатической нервной системы эпифиза птиц и ее роли в процессах передачи возбуждения (светового импульса, поступающего через зрительный анализатор) к пинеальной железе и трансформации его в нейрогуморальный ответ. Симпатическим нервным окончаниям эпифиза свойственна важная особенность, отличающая их от аналогичных терминалей других органов животного организма. Она выражается в том, что эти нерв-

ные окончания способны депонировать не только норадреналин, но и серотонин. Эта особенность выявлена в адренэргических волокнах эпифиза собаки, морской свинки, мыши, крысы (3), а позднее и у кролика (4). К этому ряду, на основании собственных исследований, можно причислить и кур, в эпифизах которых четко просматриваются аксонные окончания, насыщенные гранулярными и агранулярными синаптическими пузырьками и образующие группы аксо-аксонных синапсов. Надо отметить, что при проведении электронномикроскопического исследования особое внимание уделялось структуре осмиофильного постсинаптического утолщения, расположенного вблизи постсинаптической мембраны, а также распределению синаптических пузырьков в нервных окончаниях. По всем признакам (расположение синаптических пузырьков вблизи пресинаптической мембраны, асимметричность постсинаптического утолщения) исследуемые синапсы можно охарактеризовать как зрелые, где происходят активная синаптическая передача и интенсивные метаболические процессы. Изучение ультраструктуры синаптического комплекса свидетельствует о способности нервных терминалей эпифиза кур к депонированию и выделению биогенных аминов.

Учитывая литературные данные о том, что эпифиз иннервируется в основном симпатической нервной системой от верхних шейных симпатических узлов, правомерно предполагать, что световой фактор играет решающую роль в процессах гормонопоза железы и, в частности, мелатонина, содержание которого, согласно данным Ван дер Вирдонка (5), в эпифизе у птиц в 10 раз больше, чем у млекопитающих, что, по-видимому, связано с высокой активностью мелатонинсинтезирующего энзима. Последний у птиц индуцируется при освещении и ингибируется темнотой в отличие от млекопитающих (6). Путь, по которому проходит нервный импульс от зрительного анализатора до пинеальной железы, схематически четко представлен в работе Мура (7). Говоря о путях включения эпифиза в общую систему нейрогуморальной регуляции функций размножения у кур, учитывается то обстоятельство, что здесь, во-первых, эпифиз выступает как важный компонент в системе экстрагипоталамического контроля гипофизарной функции, так как физиологически активные вещества железы оказывают значительное влияние на секреторную деятельность гипоталамуса и гипофиза, и, во-вторых, эпифиз является вторым трансдуктором в центральной нервной системе (ранее в этом качестве выступали лишь гипоталамические нейросекреторные клетки), где происходит активация синтеза биогенных аминов и их выброс в кровяное русло под воздействием нервного импульса. При этом, на наш взгляд, имеются три возможных пути реализации гормонального эффекта эпифиза на функции организма и, в частности, гонад: 1—опосредованный путь—через активацию гонадотропных зон гипоталамуса и отсюда гипофиза; 2—через ножку эпифиза и субкомиссуральный орган активные вещества могут попасть в ликвор третьего мозгового желудочка; 3—не исключается и прямое попадание биогенных аминов в общую систему кровообращения и воздействие на гонады.

Благодаря ранее полученным нами данным о содержании серотонина в эпифизах кур разного возрастного периода, где было показано, что наивысший уровень серотонина в эпифизе совпадает с периодом интенсивной яйцекладки ⁽⁸⁾, и исходя из того, что серотонин является неизменным звеном в цепи превращения триптофана в мелатонин, этот биогенный амин рассматривается в качестве важного показателя при изучении специфического обмена в эпифизе. Мелатонин у кур выступает в роли активатора функций размножения, поэтому и удаление эпифиза, как основного источника мелатонина приводит к резкому нарушению полового созревания и репродуктивной функции ⁽⁹⁾.

Таким образом, данные, касающиеся ультраструктуры синаптического комплекса эпифиза кур, полученные нами впервые, могут представлять определенный научный интерес в области изучения центральных нейрогуморальных механизмов регуляции репродуктивной функции организма животных.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели Национальной академии наук Армении

Մ. Բ. ՆԱԶԱՐՅԱՆ, Ա. Ա. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ս. Շ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

Վերադասարկության ընդհանուր կարգավորող համակարգում թռչունների էպիֆիզի ներգրավման հնարավոր ուղիների մասին

Թռչունների էպիֆիզի սինապսիկ համակարգի էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա ենթադրվում է էպիֆիզի հորմոնալ էֆեկտի ազդեցության երեք հնարավոր ուղիներ՝ 1) միջնորդավորված ուղի-հիպոթալամուսի հոնադաթրոպ շրջանի և հիպոֆիզի ակտիվացման միջոցով, 2) էպիֆիզի ոտիկից և ենթակապուկային օրգանից ակտիվությունը կարող են թափանցել ուղեղի երրորդ փորոքի հեղուկի մեջ և 3) ընթացում է նաև թիոգեն ամինների անմիջական թափանցումը ընդհանուր արյունատար համակարգ ալիտեղից և հոնադներին:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ

- ¹ А. В. Сироткин, К. Ф. Корозин, Журн. эвол. биохимии и физиологии, т. 2, № 1, с. 38—42 (1984).
- ² А. Я. Поленов, Журн. эвол. биохимии и физиологии, т. 2, № 4, с. 406—418 (1986).
- ³ Ch. Owmán, Advances Pharmacol., v. 6, p. A, p. 167—171 (1968).
- ⁴ A. R. Smith et al., Gen. and Compar. Endocrinol., v. 18, p. 364—371 (1971).
- ⁵ Van der Veerdonk, Extracts. Nature, v. 208, p. 1324—1325 (1965).
- ⁶ J. Axelrod et al., Biochem. Pharmacol., v. 17, p. 828—830 (1968).
- ⁷ R. J. Moore, Neural Transmissio, № 13, p. 47—58 (1976).
- ⁸ М. Б. Назарян, А. Р. Арменян, А. А. Петросян и др., Журн. эвол. биохимии и физиологии, т. 22, № 5, с. 497—499 (1986).
- ⁹ М. Б. Назарян, в кн.: Нейрональные основы повышения воспроизводительной функции сл. животных и механизмы регуляторной деятельности мозга, Ереван, с. 190—195 (1976).