

ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
 АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
 ДОКЛАДЫ

LXVII, № 4

1978

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Գ. Ա. ԱՐՁՈՒՄԱՆՅԱՆ, տեխն. գիտ. թեկնածու (պատ. Բարոսուդար), Է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ա. Թ. ԲԱՔԱՆՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Հ. Խ. ԲՈՒՆՑԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ԹԱՎԱԾԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Մ. ԹՍԻԱՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄՐԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. Խմբագրի տեղակալ), Հ. Գ. ՄԱՂԱՔՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. Խմբագիր), Գ. Ո. ՈՒՀՈՍՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Օ. Մ. ՈՒՊՈՆՋՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Բ. ՃԱՆԱՐՋՅԱՆ, ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ:

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

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ

ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАН

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

47

ԻՐԱԹԵԻՐԱՏԻՎԱԼ

Ջ. Ա. Կաբլյան—կողմնորոշված գրաֆի տրոհումը նվազագույն թվով կողմնորոշված անտառների	193
Լ. Հ. Խաչատրյան—Արտածման բարդությունը հատույթով և առանց հատույթի ձևային համակարգերում	198
Յու. Մ. Մովսիսյան—Էմբակերպեր, որոնք հանդիսանում են խմբերի զուամրենք	203
Ո. Խ. Դաբինյան, Կ. Մ. Մոսեսյան—Պանցիկիկ համասեռ կողմնորոշված գրաֆիկների մասին	208
Ա. Հ. Մաբախրոջյան, Է. Մ. Պողոսյան—Համաձայնեցնող ինդուկտորների համեմատական բնութագրերի կայունության մասին	212
Ա. Կ. Գրիգորյան—Փոքր պրեդատորիկ կառավարողների վրայի մոդուլների էնդոմորֆիզմների օգտակար	216

ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԱ

Ա. Ղ. Իսսիֆյան—Էլեկտրամագնիսական օսցիլյատորում (LC-կոնտուր) էներգիոփոխանակման հիմունքների մասին	221
---	-----

ՏԵԿՏՈՆԻԱԼ

Ո. Ն. Նազարեթյան—Հայկական ՍՍՀ և Նախիջևանի ԽՍՀ տարածքների խորհրային բնակավայրերի տեղաբաշխման բնորոշումը օրինաչափություններ	232
---	-----

ԲՈՒՏԱՆԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Հ. Ղազարյան, Փ. Մ. Ակոպովա—Մեկուսացված տերևների թրոփոֆիլի կազմավորման, ֆոտոսինթեզի ակտիվության և կյանքի տևողության վրա վիտամինների և հիքրերիկների ազդեցության մասին	237
--	-----

ՄԻՋԱՏԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ո. Մ. Ցարյուկով—Խնձորյան—Դադիտիգ բզեզների նոր տեսակ Հայկական ՍՍՀ-ից (Coleoptera, Dasytidae)	243
---	-----

ԻՆՎԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ո. Հ. Իրիգոյան, Ս. Կ. Մովսեսյան, Ի. Ո. Քեկյան—Էոֆիլիների ազդեցությունը գլխուղեղում ամոնիակի գոյացման և լեղորայքի մեխանիզմների վրա ուղեղային արյուն չրչաեառության խանգարումների պայմաններում	246
---	-----

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ա. Ո. Անդրեասյան—Հիպոթալամուսի դերը ողնուղեղի ճնշվածքների հետևանքով առաջացած խանգարված ֆունկցիաների վերականգման պրոցեսում	251
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

МАТЕМАТИКА

З. А. Карсян—Минимальное разложение орграфа на орлеса	193
М. А. Хачатрян—О сложности по выводимости некоторых формул в секвенциальных исчислениях	198
Ю. М. Мовсисян—Группонды, являющиеся объединениями групп.	203
С. Х. Дарбинян, К. М. Мосесян—О панцикличности регулярных орграфов.	208
А. А. Мартиросян, Э. М. Погосян—Исследование устойчивости сравнительных характеристик согласующих индукторов	212
А. Г. Григорян—Кольца эндоморфизмов модулей над малыми предаддитивными категориями	216

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

А. Г. Иосифьян—О принципах энергообмена в электромагнитном осцилляторе (L C-контур)	221
---	-----

ТЕКТОНИКА

С. И. Назаретян—Общие закономерности размещения глубинных разломов на территориях Армянской ССР и Нахичеванской АССР	232
--	-----

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. О. Казарян, Ж. М. Акопова—О влиянии витаминов и гиббереллина на образование хлорофилла, активность фотосинтеза и продолжительность жизни изолированных листьев	237
---	-----

ЭНТОМОЛОГИЯ

С. М. Яблоков-Хнзорян—Новый вид жесткокрылых—малашек из Армянской ССР (Coleoptera, Dasytidae)	243
---	-----

ФАРМАКОЛОГИЯ

С. А. Мирзоян, <u>С. Г. Мовсисян</u> , Р. С. Бекян—Влияние эуфиллина на механизмы образования и устранения аммиака в мозге при нарушениях церебральной гемодинамики	246
---	-----

ФИЗИОЛОГИЯ

А. С. Андреасян—Роль гипоталамуса в процессе восстановления нарушенных функций при повреждении спинного мозга	251
---	-----

CONTENTS

MATHEMATICS

<i>Z. A. Kareyan</i> —Minimum partition of a digraph into diforests	193
<i>M. H. Khachatryan</i> —On the deductional complexity of some formulas in the calculi of sequences	198
<i>Yu. M. Movsisian</i> —Groupoids representing sums of groups	203
<i>S. Kh. Darbinian, K. M. Mosesian</i> —On pancyclic regular digraphs	208
<i>A. A. Martirosian, E. M. Pogossian</i> —The investigations of the concordant inductor comparative characteristic stability	212
<i>A. G. Grigorian</i> —Endomorphism rings of modules over small preadditive categories	216

ELEKTRODYNAMICS

<i>A. G. Iossiphian</i> —On the principles of the power exchange in electromagnetic oscillators (LC—contur)	221
---	-----

TECTONICS

<i>S. N. Nazaretian</i> —Common rules of placing deep faults in the territory of Armenia and the Nachikhevanian Autonomy Republic	232
---	-----

PLANT PHYSIOLOGY

<i>V. O. Kazarian, J. M. Aghopova</i> —About the influence of vitamin and gibberillin on formation of the chlorophyll activity of photosynthesis and duration life of leaves	237
--	-----

ENTOMOLOGY

<i>S. M. Isblokoff-Khazorian</i> —A new species of Dasytidae—beetles from the Armenian Soviet Socialist Republic	243
--	-----

PHARMACOLOGY

<i>S. A. Mirzoyan, S. G. Movsessian, R. S. Bekyan</i> —The influence of eupyhylline on the ammonia releasing and removing mechanisms in the brain at the cerebral hemodynamic disturbances	246
--	-----

PHYSIOLOGY

<i>A. S. Andreashin</i> —The influence of destruction of different parts of hypothalamus on the plasticity in injuries of the spinal cord	251
---	-----

Технический редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН

ВФ С4155. Подписано к печати 16/II 1979 г. Тираж 545. Изд. 4976. Заказ 1234

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

Усл. печ. л. 5,6. Уч. изд. листов 4,31.

Издательство АН АрхССР, Ереван, Барекамутян 24-г.
Тилография Издательства АН Армянской ССР, г. Эчмиадзин

УДК 519.1

МАТЕМАТИКА

З. А. Карсян

Минимальное разложение орграфа на орлеса

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. Р. Варшамовым 29/V 1978)

Задача разложения графов на наименьшее число реберно непересекающихся ациклических суграфов* (это число называется древесностью) впервые рассматривалась в работе Нэш-Вильямса⁽²⁾, где, в частности, получена формула для вычисления древесности графа. Позже, Эдмондс⁽³⁾ получил эффективный алгоритм, который, в частности, разбивает граф на наименьшее число ациклических суграфов.

Пусть $\bar{L}=(X, \bar{U})$ конечный орграф без петель и кратных дуг. Если $x \in X$, то через $V_{\bar{L}}^{-}(x)$ обозначим число дуг орграфа $\bar{L}=(X, \bar{U})$ входящих в вершину x .

Суграф $\bar{T}=(X, \bar{U}_1)$ назовем ориентированным лесом (орлесом) орграфа $\bar{L}=(X, \bar{U})$, если для каждой вершины $x \in X$ имеет место $V_{\bar{T}}^{-}(x) \leq 1$ и $\bar{T}$ не содержит орициклов. Если $V_{\bar{T}}^{-}(x)=0$, то x назовем корнем орлеса $\bar{T}$.

Мощность минимального множества попарно не пересекающихся по дугам орлесов, покрывающих данный орграф, назовем ориентированной древесностью (ордревесностью) этого орграфа. Если $\bar{L}=(X, \bar{U})$ некоторый орграф, то через $\bar{R}(\bar{L})$ (соответственно $R(L)$) обозначим его ордревесность (древесность неориентированного графа $L=(X, U)$).

В настоящей работе, для любого орграфа $\bar{L}=(X, \bar{U})$ устанавливается связь между $\bar{R}(\bar{L})$ и $R(L)$, а также дается практически эффективный алгоритм разбиения $\bar{L}$ на $\bar{R}(\bar{L})$ орлесов.

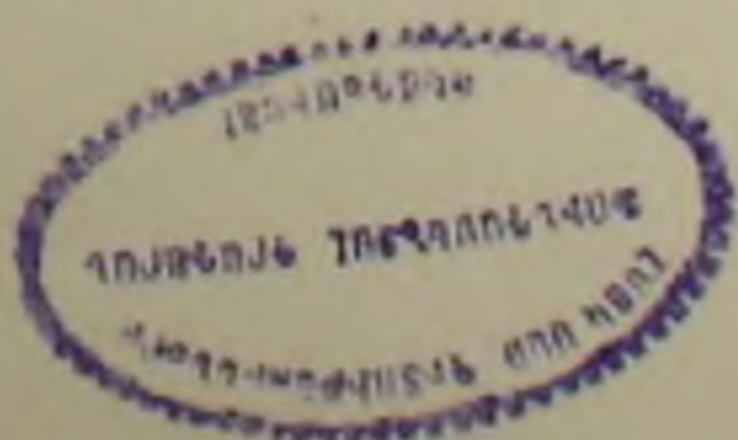
Обозначим $\Delta(\bar{L})=\max_{x \in \bar{L}} V_{\bar{L}}^{-}(x)$ и вершину $x \in X$, для которой $V_{\bar{L}}^{-}(x)=\Delta(\bar{L})$ назовем максимальной.

В работе⁽⁴⁾ доказано, что

$$\Delta(\bar{L}) \leq \bar{R}(\bar{L}) \leq \Delta(\bar{L}) + 1 \quad (1)$$

Теорема 1. Для любого орграфа $\bar{L}$ имеет место:

* В настоящей статье мы придерживаемся терминологии, принятой в книге⁽¹⁾, где можно найти все не определяемые здесь, понятия.



$$\bar{R}(\bar{L}) = \begin{cases} \Delta(\bar{L}) \leftrightarrow R(L) \leq \Delta(\bar{L}) \\ \Delta(\bar{L}) + 1 \leftrightarrow R(L) > \Delta(\bar{L}) \end{cases}$$

Для доказательства теоремы, пользуясь неравенствами (1) и $R(L) \leq \bar{R}(\bar{L})$ достаточно показать, что из $\bar{R}(\bar{L}) = \Delta(\bar{L}) + 1$ следует $R(L) > \Delta(\bar{L})$. Предположим обратное и пусть для орграфа $\bar{L} = (X, \bar{U})$ имеют место $\bar{R}(\bar{L}) = \Delta(\bar{L}) + 1$ и $R(L) \leq \Delta(\bar{L})$.

К орграфу $\bar{L}$ применим следующий алгоритм;

Рассмотрим подграф $\bar{L}_0 = (X_0, \bar{U}_0)$ порожденный множеством максимальных вершин орграфа $\bar{L} = (X, \bar{U})$. Через $\bar{L}_i = (X_i, \bar{U}_i)$ ($i = 1, \dots, k$) обозначим базовые бикомпоненты орграфа $\bar{L}_0$.

а) Пусть для всех чисел i в подграфе $\bar{L}_i$ существует вершина $x_i \in X_i$ такая, что $V_{\bar{L}_i}^-(x_i) < \Delta(\bar{L})$. Выберем вершины $x_1, x_2, \dots, x_k$ в качестве корней и выделим из орграфа максимальный орлес $\bar{T}$ т. е. орлес, имеющий максимальное количество дуг (¹, лемма 1)).

Из базовых бикомпонент орграфа $\bar{L}$ выберем по одной произвольной не максимальной вершины в качестве корней и построим максимальный орлес $\bar{T}_{j+1}$ (где j — количество уже выделенных орлесов из $\bar{L}$), включающий T .

Обозначим $\bar{L} = \bar{L} \setminus \bar{T}_{j+1}$ и перейдем к началу алгоритма.

б) Пусть в некоторой базовой бикомпоненте $\bar{L}_{i_0} = (X_{i_0}^{i_0}, \bar{U}_{i_0}^{i_0})$ подграфа $\bar{L}_0$ для любой вершины $x \in X_{i_0}^{i_0}$ имеет место $V_{\bar{L}_{i_0}}^-(x) = \Delta(\bar{L})$. Среди выделенных орлесов $\bar{T}_1, \dots, \bar{T}_r$ существует орлес $\bar{T}_{r_0}$ такой, что его подграф $\bar{T}_{r_0}(X_{i_0}^{i_0})$, порожденный множеством вершин $X_{i_0}^{i_0}$ не образует растущее ордерсво (в обратном случае из формулы Нэш-Вильямса (²) и неравенства $R(L) \leq \Delta(\bar{L})$ получается противоречие) и пусть y_0 — один из корней $\bar{T}_{r_0}(x_{i_0}^{i_0})$. Выберем в $\bar{L}_{i_0}^{i_0}$ растущее ордерсво $\bar{H}_{r_0}$ с корнем y_0 .

Через $\bar{T}_{r_0}$ обозначим орлес, полученный из $\bar{T}_{r_0}$ удалением всех дуг, входящих в вершины $X_{i_0}^{i_0} \setminus \{y_0\}$ и добавлением всех дуг из $\bar{H}_{r_0}$.

Таким образом, используя описанный процесс замены дуг в уже выделенных орлесах, можно с помощью пункта а) разложить орграф $\bar{L} = (X, \bar{U})$ на $\Delta(\bar{L})$ орлесов, т. е. $\bar{R}(\bar{L}) = \Delta(\bar{L})$.

Полученное противоречие доказывает теорему.

Замечание 1. Если в процессе работы описанного алгоритма в некоторой базовой бикомпоненте $\bar{L}_{i_0}^{i_0} = (X_{i_0}^{i_0}, \bar{U}_{i_0}^{i_0})$ орграфа $\bar{L}_0$ для лю-

бой вершины $x \in X'_0$ имеет место $V_{L'_0}^-(x) = \Delta(\bar{L})$ и все уже выделенные орлеса на множестве X'_0 дают растущие ордеревья, то по формуле Нэш-Вильямса $R(L) > \Delta(\bar{L})$ и, следовательно, по теореме 1, $\bar{R}(\bar{L}) = \Delta(\bar{L}) + 1$.

В этом случае оргграф $\bar{L}$ с помощью алгоритма из работы (1) можно разложить на $\bar{R}(\bar{L})$ орлесов.

З а м е ч а н и е 2. Доказательство теоремы 1 и замечание 1 дают алгоритм разложения любого оргграфа на наименьшее число орлесов.

Легко заметить, что описанный алгоритм имеет порядок n^3 где n — количество вершин рассматриваемого оргграфа.

С л е д с т в и е. Для любого оргграфа $\bar{L} = (X, \bar{U})$ равенство $\bar{R}(\bar{L}) = R(L)$ имеет место тогда и только тогда, когда $R(L) \geq \Delta(\bar{L})$.

Оргграф $\bar{L} = (X, \bar{U})$ назовем p -критическим, где $p \geq 2$, если он не имеет изолированных вершин, $\bar{R}(\bar{L}) = p$ и для любой дуги $\bar{u} \in \bar{U}$ имеет место $\bar{R}(\bar{L}_1) = (X, \bar{U} \setminus \{\bar{u}\}) = p - 1$.

Для любого $p \geq 2$ введем следующие обозначения:

$A_p = \{\bar{L} = (X, \bar{U}) / \bar{L} \text{ есть } p\text{-критический и } \forall x \in X (V_{\bar{L}}^-(x) \leq p - 1)\}$ $B_p = \{\bar{L} = (X, \bar{U}) / \bar{L} \text{ есть } p\text{-критический и } \exists x \in X (V_{\bar{L}}^-(x) = p)\}$

Орлес $\bar{T} = (X, \bar{U}_1)$ оргграфа $\bar{L} = (X, \bar{U})$ назовем оркаркасом для $\bar{L}$, если $\bar{T}$ имеет всего один корень.

Каркасным числом оргграфа $\bar{L} = (X, \bar{U})$ назовем наибольшее число непересекающихся по дугам оркаркасов оргграфа $\bar{L}$. Через $K(\bar{L})$ обозначим каркасное число оргграфа $\bar{L}$.

Докажем, что имеет место.

Т е о р е м а 2. Для любого $p \geq 2$ оргграф $\bar{L} = (X, \bar{U})$ принадлежит классу A_p тогда и только тогда, когда для любой дуги $\bar{u} \in \bar{U}$ имеет место

$$K(\bar{L}_0) = (X, \bar{U} \setminus \{\bar{u}\}) = \bar{R}(\bar{L}_0) = (X, \bar{U} \setminus \{\bar{u}\}) = p - 1 \quad (2)$$

Пусть $p \geq 2$ — любое целое и $\bar{L} = (X, \bar{U})$ — произвольный оргграф класса A_p . По теореме 1 $R(L) = \bar{R}(\bar{L}) = p$. Очевидно древесность графа $L = (X, U)$ уменьшается при удалении любого его ребра. Следовательно, пользуясь формулой Нэш-Вильямса (2), получим следующие равенства:

$$\left\lfloor \frac{|U|}{|X| - 1} \right\rfloor = p \quad \text{и} \quad \left\lfloor \frac{|U| - 1}{|X| - 1} \right\rfloor = p - 1.$$

Отсюда следует, что $|U| = (p - 1)(|X| - 1) + 1$ и, следовательно, имеет место (2).

Пусть $p \geq 2$ и для любой дуги $\bar{u} \in \bar{U}$ произвольного оргграфа $\bar{L} = (X, \bar{U})$ имеет место (2). Очевидно $\bar{R}(\bar{L}) = p$, т. е. оргграф $\bar{L}$ является

p -критическим. С другой стороны, $V_L(x) \leq p-1$ для любой вершины $x \in X$, т. к., в противном случае орграф $\bar{L}$ не является p -критическим или нарушается равенство (2). Следовательно, $\bar{L} = (X, \bar{U}) \in A_p$.

Теорема доказана.

Замечание 3. Для любого $p \geq 1$ орграф $\bar{H} = (Y, \bar{V})$ принадлежит классу B_p тогда и только тогда, когда он изоморфен некоторому орграфу $\bar{L} = (X, \bar{U})$, где $X = \{x_0, x_1, \dots, x_p\}$; $\bar{U} = \{(\overrightarrow{x_l, x_0}) / l = 1, \dots, p\}$.

Из этого замечания видно, что орграфы из B_p являются только $(p+1)$ -вершинные „входящие звезды“. Естественно возникает вопрос: каковы порядки (количества вершин) графов из A_p ? Следующая теорема, в частности, отвечает на этот вопрос:

Теорема 3. Для любого $p \geq 2$ в классе A_p существует n -вершинный орграф тогда и только тогда, когда $n \geq 2p-1$.

Пусть $\bar{L} = (X, \bar{U}) \in A_p$, где $p \geq 2$ и $|X| = n$. По теореме 1, $R(L) = p$. Так как $R(L) \leq R(K_n) = \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$, то $n \geq 2p-1$.

Пусть, теперь, $p \geq 2$ и $n \geq 2p-1$ произвольные числа. Через $L_0 = (X_0, U_0)$ обозначим n -вершинный граф, полученный из полного графа K_n удалением ребер и со следующими свойствами:

$$R(L_0) = p; \forall u \in U_0 [R(X_0, U_0 \setminus \{u\}) = p-1]. \quad (3)$$

Пусть $(x, y) \in U_0$ — произвольное ребро и $T_1, \dots, T_{p-1}$ разложение графа $L_1 = (X_0, U_0 \setminus \{(x, y)\})$ на ациклические суграфы. Через $\bar{L}_0 = (X_0, \bar{U}_0)$ обозначим орграф, полученный из L_0 следующей ориентацией: ребро (x, y) ориентировано от x , а остальные ребра ориентированы таким образом, что в $\bar{L}_0$ все суграфы $\bar{T}_1, \dots, \bar{T}_{p-1}$ являются орлесаами с корнем y . Очевидно $\Delta(\bar{L}_0) \leq p-1$. Пусть $\bar{u}_1 \in \bar{U}_0$ — произвольная дуга и $\bar{L}_2 = (X_0, \bar{U}_0 \setminus \{\bar{u}_1\})$.

Для завершения доказательства теоремы достаточно показать, что $\bar{R}(\bar{L}_2) < p$.

Предположим обратное, т. е. $\bar{R}(\bar{L}_2) = p$. Поскольку $\Delta(\bar{L}_2) \leq \Delta(L_0) < p = \bar{R}(\bar{L}_2)$, то по теореме 1, $R(L_2) = p$, что противоречит свойствам (3).

Теорема доказана.

Замечание 4. По принципу ориентированной двойственности (*) легко убедиться в справедливости теорем, двойственных к доказанным.

Вычислительный центр
Академии наук Армянской ССР
и Ереванского государственного университета

Կողմնորոշված գրաֆի տրոհումը նվազագույն բովոյ կողմնորոշված
անտառների

$\bar{L}$ կողմնորոշված գրաֆի մեջ իրար հետ աղեղներով շատավող կողմ-
նորոշված անտառների նվազագույն քանակը, որոնք ծածկում են $\bar{L}$ գրաֆը.
անվանենք $\bar{L}$ -ի կողմնորոշված ծառայնություն և նշանակենք $R(\bar{L})$ -ով:
Ուստի $R(L)$ ծառայնության համար նեշ-ֆիլլամսի կողմից
ստացվել է բանաձև (2), իսկ հետագայում Էդմոնզսը առաջարկել է գրաֆը
նվազագույն $R(L)$ թվով, ցիկլազերծ մասերի (անտառների) տրոհելու արդյու-
նավետ ալգորիթմ (3):

Ներկա աշխատանքում բացահայտվում է $R(\bar{L})$ կողմնորոշված ծառայնու-
թյան և $R(L)$ ծառայնության կապը. տրվում է $\bar{L}$ գրաֆը $R(\bar{L})$ թվով կողմ-
նորոշված անտառների տրոհելու արդյունավետ ալգորիթմ, ինչպես նաև,
հետազոտվում է ըստ կողմնորոշված ծառայնության սահմանային (կրիտիկա-
կան) գրաֆների դասերը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ А. А. Зыков, Теория конечных графов, 1. изд. „Наука“, Новосибирск. 1969.
² Nash-Williams, Edge-disjoint spanning trees of finite graphs, J. London Math. Soc., 36, 445—450 (1961). ³ J. Edmonds, Minimum partition of a matroid into inde-
pendent subsets, J. res. nat. B. Stan. Sect. B 69 B 67—77 (1965). ⁴ З. А. Карян, Сб. трудов ВЦ АН Арм. ССР и ЕрГУ, вып. 9. ⁵ Ф. Харари, Теория графов, „Мир“, М., 1973.

УДК 510.66

МАТЕМАТИКА

М. А. Хачатрян

О сложности по выводимости некоторых формул в секвенциальных исчислениях

(Представлено чл. корр. АН Армянской ССР Р. Р. Варшамовым 12/VI 1978)

В этой статье устанавливаются точные оценки сложности по выводимости пропозициональных формул вида

$$p_1 \vee (p_2 \vee (p_3 \vee \dots \vee (p_{n-1} \vee p_n) \dots)) \supset$$

$$\supset (\dots ((p_1 \vee p_2) \vee p_3) \vee \dots \vee p_{n-1}) \vee p_n, \quad (1)$$

$$p_1 \& (p_2 \& (p_3 \& \dots \& (p_{n-1} \& p_n) \dots)) \supset$$

$$\supset (\dots ((p_1 \& p_2) \& p_3) \& \dots \& p_{n-1}) \& p_n \quad (2)$$

в классическом и интуиционистском секвенциальном исчислении с сечением и без сечения; при этом сложность вывода в секвенциальном исчислении понимается как количество различных секвенций, входящих в этот вывод, и сложность секвенции по выводимости понимается как минимум сложности всевозможных ее выводов; сложность $L(A)$ формулы A по выводимости понимается как аналогичная сложность секвенции $\rightarrow A$. Мы установим, что для формул A_n и B_n вида (1) и (2) имеют место соотношения*: $L(A_n) \asymp L(B_n) \asymp n$ в исчислениях с сечением; $L(A_n) \asymp n^2$, $L(B_n) \asymp n \log n$ в интуиционистском исчислении без сечения; $L(A_n) = L(B_n) \asymp n \log n$ в классическом исчислении без сечения. Нижние оценки $n \log n$ получены с помощью одной комбинаторной задачи, представляющей и некоторый самостоятельный интерес. А именно, указывается метод нахождения функции f , заданной на множестве $\{1, 2, \dots, n\}$, принимающей значения из того же множества, удовлетворяющей условиям $f(k) \leq k$, $f(n) = n$ и минимизирующей в зависимости от n порядка роста функционала

$$L_n(f) = f(n) + \sum_{k=1}^{n-1} [f(k) + |i|(i \neq 0) \& f(k+i) - f(k) \geq i]|. \quad (3)$$

Доказывается, что этот порядок есть $c \cdot n \log n$. Результаты, сформулированные в теоремах 1, 2, частично представлены в тезисах докла-

* Соотношение $f(n) \asymp g(n)$ понимается здесь, как обычно, в смысле $\exists c \exists d \forall n (f(n) < c g(n) + d) \& \exists c \exists d \forall n (g(n) < c f(n) + d)$.

дов IV Всесоюзной конференции по математической логике ⁽¹⁾.
Переходим к точным определениям и формулировкам.

Пусть $G1(G3)$ есть классическая формальная система обозначенная таким же образом в ⁽²⁾, без дополнительных логических правил вывода для исчисления предикатов (классическое исчисление высказываний), а соответствующую интуиционистскую систему обозначим через $G1I(G3I)$. Если S — некоторая формальная система, то через S' обозначим формульную систему, полученную из S опусканием правила вывода сечения.

Для любого натурального числа $n > 2$ пусть Q_n есть следующая секвенция:

$$p_1 \vee (p_2 \vee (p_3 \vee \dots \vee (p_{n-1} \vee p_n) \dots)) \rightarrow \\ \rightarrow (\dots ((p_1 \vee p_2) \vee p_3) \vee \dots \vee p_{n-1}) \vee p_n,$$

а R_n есть секвенция

$$p_1 \& (p_2 \& (p_3 \& \dots \& (p_{n-1} \& p_n) \dots)) \rightarrow (\dots ((p_1 \& p_2) \& p_3) \& \dots \& p_{n-1}) \& p_n,$$

где $p_1, p_2, \dots, p_n$ — пропозициональные переменные.

Теорема 1. Сложность по выводимости секвенций Q_n и R_n в формальных системах $G1, G1I, G3$ удовлетворяет следующим соотношениям:

$$L(Q_n) \preceq n, \quad L(R_n) \preceq n.$$

Теорема 2. Сложность по выводимости секвенций Q_n и R_n удовлетворяет следующим соотношениям:

$$L(Q_n) \preceq n^2, \quad L(R_n) \preceq n \log n$$

в случае формальной системы $G1I'$, и $L(Q_n) \preceq n^2, \quad L(R_n) \preceq n$ в случае формальной системы $G3I$.

Теорема 3. Сложность по выводимости секвенций Q_n и R_n в формальной системе $G1'$ удовлетворяет соотношениям

$$L(Q_n) \preceq L(R_n) \preceq n \log n.$$

Доказательства нижних оценок в теоремах 1—3 получаются из нижеследующих лемм 1—6; соответствующие верхние оценки получаются построением конкретных выводов.

Лемма 1. Для любого натурального числа $n > 2$ сложность по выводимости секвенции R_n в формальной системе $G1$ больше, чем n .

Доказательство получается посредством рассмотрения множества формул $\tau(Q)$ для любой секвенции Q , где множество $\tau(\Phi)$ для любой формулы Φ определяется так же, как в ⁽¹⁾, и если Q есть секвенция $A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B_1, B_2, \dots, B_m$, то $\tau(Q) = \bigcap_{i=1}^m \tau(B_i) \setminus \bigcup_{j=1}^n \tau(A_j)$.

Остается отметить, что $\tau(\overline{R_n}) = n - 1$, $\tau(\overline{Q}) = 0$ для любой аксиомы Q , и при каждом применении правил вывода G1 соответствующее τ -множество нижней секвенции по сравнению с суммой τ -множеств верхних секвенций увеличивается не более чем на одну формулу.

Пусть A некоторая формула исчисления высказываний. Определим двойственную для A формулу A^+ индукцией по построению формулы A . Если A есть пропозициональная переменная, то $A^+ = A$; $(B \vee C)^+ = B^+ \& C^+$; $(B \& C)^+ = B^+ \vee C^+$; $(\neg B)^+ = \neg B^+$; $(B \supset C)^+ = \neg(C^+ \supset B^+)$.

Далее, если Q есть секвенция $A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B_1, B_2, \dots, B_m$, то секвенцией, двойственной для секвенции Q , называется следующая секвенция Q^+ : $B_m^+, B_{m-1}^+, \dots, B_1^+ \rightarrow A_n^+, A_{n-1}^+, \dots, A_2^+, A_1^+$.

Отметим, что введенное понятие двойственной формулы является более общим чем обычно употребляемое понятие из (3).

Лемма 2. Если в формальной системе G1(C1', G3) выводима секвенция Q , то в G1(G1', G3) выводима также двойственная ей секвенция Q^+ , причем вывод секвенции Q^+ получается из вывода секвенции Q взаимной заменой правил вывода $\rightarrow \neg$ и $\neg \rightarrow$, $\neg \vee$ и $\& \rightarrow$, $\vee \rightarrow$ и $\neg \&$; кроме того, правило вывода $\rightarrow \supset$ заменяется на $\rightarrow \supset$ с последующим применением правила $\neg \neg$, и, соответственно, правило $\supset \rightarrow$ заменяется на $\supset \rightarrow$, с последующим применением $\neg \neg$; структурные правила вывода заменяются аналогичными правилами, получаемыми из исходных правил заменой термина „сукцедент“ на „актецедент“ и обратно; правило сечения сохраняется в том же месте вывода.

Следствие. Если секвенция Q не содержит знака импликации, то в формальных системах G1' и G3 имеет место $L(Q) = L(Q^+)$.

Пусть S — одна из формальных систем G1', G1'', G3I, а Σ — вывод секвенции Q_n в формальной системе S .

Говорим, что вывод Σ в данной секвенции Q разветвляется по пропозициональной переменной p_i , если Σ в этой части имеет вид

$$\frac{p_i, \Gamma \rightarrow \Delta \quad \vee_{n-1}, \Gamma \rightarrow \Delta}{\vee_{n-1+1}, \Gamma \rightarrow \Delta}, \quad (\vee \rightarrow)$$

где Γ, Δ — списки формул, Q есть секвенция $\vee_{n-1+1}, \Gamma \rightarrow \Delta$, а $\vee_{n-1}$ есть обозначение для формулы

$$p_{i+1} \vee (p_{i+2} \vee \dots \vee (p_{n-1} \vee p_n) \dots), \quad (i = 0, 1, \dots, n-1).$$

Часть вывода, стоящую над секвенцией $p_i, \Gamma \rightarrow \Delta$, включая эту секвенцию, назовем левой ветвью данного разветвления по p_i ; часть, стоящую над секвенцией $\bigvee^n, \Gamma \rightarrow \Delta$, включая эту секвенцию, назовем правой ветвью данного разветвления по p_i .

i -ветвью начинающейся с секвенции R , называется ветвь в выводе Σ , получаемая следующим образом: начиная с секвенции R в выводе Σ движемся вверх, если встречается разветвление по некоторой пропозициональной переменной p_k , то выбираем левую ветвь по ветвлению p_k при $k=i$ и выбираем правую ветвь при $k < i$.

i -ой узловой секвенцией вывода Σ , ($i=2,3,\dots,n-1$), называется самая первая секвенция i -ветви, начинающаяся с $(i-1)$ -ой узловой секвенции, после которой в антецедент всех секвенций i -ветви входит формула p_i . Первая узловая секвенция определяется аналогично i -ой ($i > 1$) исходя из секвенции Q_n вместо $(i-1)$ -ой узловой секвенции в определении $(i-1)$ -ой узловой секвенции.

Лемма 3. Для любого натурального числа $n > 2$ если Σ есть вывод секвенции Q_n в формальных системах $G1'$ или $G3'$ или $G1''$, то в выводе Σ существуют в точности $n-1$ узловых секвенций, и именно, узловые секвенции с номерами $1, 2, \dots, n-1$. Для любых натуральных чисел i, j ($i, j < n$) в i -ой узловой секвенции происходит разветвление вывода Σ по пропозициональной переменной p_i , причем если $i \neq j$, то секвенции, стоящие на левых ветвях разветвлений i -ой и j -ой узловых секвенций различны.

Лемма 4. В условиях леммы 3, если Σ есть вывод секвенции Q_n в формальных системах $G1'$ или $G3'$, то для любого натурального числа $i < n$ на левой ветви разветвления i -ой узловой секвенции число секвенций не меньше числа $n-i+1$.

Для любого натурального числа n пусть M_n есть множество функций f , определенных на множестве $\{1, 2, \dots, n\}$, принимающих значения из того же множества, и таких, что для любого натурального числа $k \leq n$ $f(k) \leq k$ и $f(n) = n$. Пусть функция $L(n)$ определена следующим образом:

$$L(n) = \min_{f \in M_n} L_n(f),$$

где $L_n(f)$ есть функционал, определенный равенством (3).

Лемма 5. Для любого натурального числа $n > 2$ сложность вывода секвенции Q_n в формальной системе $G1'$ не меньше $L(n)$.

Лемма 6. Для любого натурального числа n

$$L(n) \geq \left\lfloor \frac{n+1}{2} \right\rfloor \cdot \left\lfloor \log_2 n \right\rfloor + 2n - 1.$$

Лемма 7. Для любого натурального числа m

$$L(2^m) \leq (m+1)2^m.$$

Доказательство леммы 7 основано на следующем факте. Если функция f такова, что для любого натурального числа $k \leq 2^m$, $f(k)$ есть наибольшая степень двойки, на которую делится k , то

$$L_2^m(f) = (m+1) 2^m.$$

Отметим, что указанная функция f используется также в построении вывода секвенции Q_n в формальной системе $G1'$, обеспечивающего верхнюю оценку $cn \log n$.

Вычислительный центр
Академии наук Армянской ССР
и Ереванского государственного университета

Մ. Հ. ԿԱԶԱՏՐՅԱՆ

Արտաձման բարդությունը հատույթով և առանց հատույթի ձևային
համակարգերում

Ապացուցվում է, որ դիզյունկցիայի ընդհանրացված բաշխական օրենքի՝

$$p_1 \vee (p_2 \vee (p_3 \vee \dots \vee (p_{n-1} \vee p_n) \dots)) \supset$$

$$\supset (\dots ((p_1 \vee p_2) \vee p_3) \vee \dots \vee p_{n-1}) \vee p_n.$$

արտաձման բարդությունը (արտաձման մեջ օգտագործվող իրարից տարրեր սեկվենսնների թիվը) դասական $G1$, $G3$ և ինտուիցիոնիստական $G1I$ հատույթի արտաձման կանոնը պարունակող ձևային համակարգերում n -ի կարգի մեծություն է. նույն օրենքի արտաձման բարդությունը առանց հատույթի $G1'$, $G3I$ ինտուիցիոնիստական համակարգերում n^2 կարգի մեծություն է. իսկ առանց հատույթի $G1'$ դասական հաշվում $n \log n$ կարգի մեծություն է: Ստացված են արտաձման բարդության զնահատականներ նաև կոնյունկցիայի ընդհանրացված օրենքի համար:

Կախված n բնական թվից, զնահատված է հետևյալ արտահայտության արժեքը.

$$\min \left| f(n) + \sum_{k=1}^{n-1} [f(k) + \mu i | i \neq 0 \& (f(k+i) - f(k) \geq i) | \right|,$$

որտեղ f -ը $N \rightarrow N$ տիպի ֆունկցիա է, $f(n) = n$ և $\forall k (f(k) \leq k)$:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ М. А. Хачатрян, Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по математической логике, 151, Кишинев, 1976. ² С. К. Клини, Введение в метаматематику, II/1, М., 1957. ³ Г. С. Цейтлин, А. А. Чубарян, Труды ВЦ АН Арм. ССР и ЕГУ, «Математические вопросы кибернетики и вычислительной техники», VIII, 57—64 (1975).

УДК 519.48

МАТЕМАТИКА

Ю. М. Мовсисян

Группоиды, являющиеся объединениями групп

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александряном 6/VII 1978)

Группоид будем называть $\mathcal{L}$ -наследственным ($\mathcal{Q}$ -наследственным), если каждый его истинный подгруппоид есть группа (соответственно квазигруппа) и слабо $\mathcal{L}$ -наследственным (слабо $\mathcal{Q}$ -наследственным), если каждый его истинный неидемпотентный подгруппоид есть группа (квазигруппа).

Описание $\mathcal{L}$ -наследственных полугрупп (под названием $\mathcal{L}$ -полугрупп) дано в работе (¹). Аналогичная тематика достаточно развита также и в теории колец и модулей, где исследуются кольца и модули по тем или иным свойствам их подколец и подмодулей. Однако уже строение наследственных квазигрупп оказывается сложным (²).

Группоид (в частности квазигруппу) $Q(\cdot)$ будем называть:

- i) моноассоциативным, если подгруппоид (a) , порожденный каждым его элементом $a \in Q$ является полугруппой;
- ii) биассоциативным, если подгруппоид (a, b) , порожденный каждым двумя элементами $a, b \in Q$, является полугруппой.

Лемма 1. *Любая биассоциативная квазигруппа является лупой.*

Покажем, что в каждой биассоциативной квазигруппе $Q(\cdot)$ существует единичный элемент. Для любого элемента $a \in Q$ существуют локальные единицы $e_a, f_a \in Q$, т. е.

$$f_a \cdot a = a \cdot e_a = a.$$

Покажем, что каждый из элементов f_a и e_a — идемпотент. Например,

$$a \cdot e_a = a.$$

$$(a \cdot e_a)e_a = a \cdot e_a.$$

$$a \cdot e_a^2 = a \cdot e_a.$$

$$e_a^2 = e_a.$$

С другой стороны, если элементы $x, y \in Q$ являются идемпотентами биассоциативной квазигруппы $Q(\cdot)$, то

$$x \cdot y = z \rightarrow z \cdot y = (x \cdot y)y = x \cdot y^2 = x \cdot y.$$

Таким образом, $x = z$ и, следовательно, $x = y$. Иначе говоря биассоциативная квазигруппа обладает лишь одним идемпотентом.

Лемма 2. *Каждая биассоциативная периодическая лупа q -наследственна.*

Пусть $Q(\cdot)$ — произвольная периодическая биассоциативная лупа с единичным элементом $e \in Q$ и $Q'(\cdot)$ — некоторый подгруппонд. Покажем, например, что уравнение

$$a \cdot x = b$$

разрешимо в $Q'(\cdot)$ для любых $a, b \in Q'$. Если $a \neq e$, то существует натуральное число $k_a \neq 1$ такое, что

$$a^{k_a} = e.$$

Следовательно:

$$x = a^{k_a} \cdot x = (a^{k_a-1} \cdot a)x = a^{k_a-1}(a \cdot x) = a^{k_a-1} \cdot b$$

Теорема 1. *Биассоциативная квазигруппа q -наследственна, если и только если она — периодическая лупа.*

Порождаемость квазигрупп будем понимать в смысле порождаемости группондов.

Предложение 1. Не конечно-порожденная квазигруппа является q -наследственной, если и только если она — периодическая группа.

Для конечно-порожденных группондов (квазигрупп) $Q(\cdot)$ будем рассматривать минимальное множество порождающих M с наименьшим числом элементов m . В случае $m=1$ группонд-циклический.

Предложение 2. Квазигруппа с условием $m \geq 4$ является q -наследственной, если и только если она — периодическая группа.

Предложение 3. Если при $m=3$ квазигруппа является q -наследственной, то она — периодическая биассоциативная лупа.

Предложение 4. Если при $m=3$ коммутативная квазигруппа является q -наследственной и существует пара элементов из M с взаимно-простыми порядками, то она — периодическая группа.

Предложение 5. Если q -наследственная квазигруппа при $m=3$ обладает такой парой $a, b \in M$ элементов с взаимно-простыми порядками, что отображения

$$\varphi: x \rightarrow x^{(a)}, \quad \psi: x \rightarrow x^{(b)}$$

являются эндоморфизмами, то она — периодическая группа.

Эндоморфизм φ группонда $Q(\cdot)$ назовем идемпотентным, если для любого $x \in Q$ справедливо равенство

$$\varphi x = (\varphi x)^2$$

и отображение φ действует инъективно на множество всех идемпотентов.

Теорема 2. Если слабо r -наследственный группоид (без единицы!) в случае $m=2$ обладает идемпотентным эндоморфизмом, то он есть объединение непересекающихся периодических групп.

Следствие 1. Если моноассоциативный слабо r -наследственный группоид (без единицы) обладает идемпотентным эндоморфизмом, то он есть объединение непересекающихся периодических групп.

Следствие 2. Если нециклический слабо r -наследственный группоид (без единицы) обладает идемпотентным эндоморфизмом, то он есть объединение непересекающихся периодических групп.

Теорема 3. Если моноассоциативный слабо q -наследственный группоид (без единицы) обладает идемпотентным эндоморфизмом, то он есть объединение непересекающихся периодических групп.

Очевидно, что для циклического группоида, обладающего хотя бы двумя идемпотентами, не существует идемпотентного эндоморфизма. Рассмотрим пример конечной квазигруппы обладающей идемпотентным эндоморфизмом.

$\cdot$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	7	8	9	4	6	5
2	2	3	1	8	9	7	6	5	4
3	3	1	2	9	7	8	5	4	6
4	7	8	9	4	5	6	1	2	3
5	8	9	7	5	6	4	2	3	1
6	9	7	8	6	4	5	3	1	2
7	4	6	5	1	2	3	7	8	9
8	6	5	4	2	3	1	8	9	7
9	5	4	6	3	1	2	9	7	8

В построенной квазигруппе существуют всего три идемпотента:

$$E = \{1, 4, 7\}.$$

Отображение

$$\{1, 2, 3\} \rightarrow 1$$

$$\{4, 5, 6\} \rightarrow 7$$

$$\{7, 8, 9\} \rightarrow 4$$

является идемпотентным эндоморфизмом. Периодические группы, дизъюнктивно покрывающие всю квазигруппу, будут:

$$Q_{e,1} = \{1, 2, 3\},$$

$$Q_{e,2} = \{4, 5, 6\},$$

$$Q_{e,3} = \{7, 8, 9\};$$

Изменяя умножение идемпотентных элементов получаем квазигруппу, которая по-прежнему дизъюнктивно покрывается периодическими группами, хотя она уже не будет обладать идемпотентным эндоморфизмом.

Эндоморфизм φ группоида $(Q, \cdot)$ называется нулевым, если образ элемента $a \in Q$, обладающего локальной единицей

$$a \cdot e_a = e_a \cdot a = a,$$

определяется по правилу

$$\varphi a = e_a.$$

В частности, нулевой эндоморфизм действует тождественно на множестве всех идемпотентов.

Теорема 4. Если моноассоциативный слабо r -наследственный группоид (без единицы) обладает нулевым эндоморфизмом, то он есть объединение непересекающихся периодических групп.

Следствие. Если нециклический слабо r -наследственный группоид (без единицы) обладает нулевым эндоморфизмом, то он есть объединение непересекающихся периодических групп.

Теорема 5. Если слабо r -наследственный циклический группоид обладает нулевым эндоморфизмом, то дополнение множества всех ее одноэлементных образующих есть объединение непересекающихся периодических групп.

Теорема 6. Если слабо q -наследственный моноассоциативный циклический группоид обладает нулевым эндоморфизмом, то дополнение множества всех ее одноэлементных образующих есть объединение непересекающихся периодических групп.

Ереванский государственный университет

ՅՈՒ. Մ. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

Խմբակերպեր, որոնք հանդիսանում են խմբերի գումարներ

Կիսախմբերի տեսության մեջ հայտնի է այն կիսախմբերի լրիվ նկարագիրը, որոնք հանդիսանում են խմբերի գումարների ներկա աշխատանքում

ուսումնասիրվում են խմբակերպեր և թերխմբեր (քվադրիխոմբ), որոնք հանդիսանում են խմբերի գումարների Այս ուղղութիւնամբ մասամբ բացահայտվում է նաև ժառանգական խմբակերպերի և թերխմբերի կառուցվածքը (ստրուկտուրան)։ Ընդ որում խմբակերպը կոչվում է r -ժառանգական (Q -ժառանգական), եթե նրա ցանկացած ենթախմբակերպ հանդիսանում է խումբ (թերխումբ)։

Л И Т Е Р А Т У Р А — Դ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ ՈՒ Ն

¹ G. Pollak, L. Redei, „Publ. Math.“ 6, № 1—2, 126—130 (1959). ² Ю. М. Мосисян, „Известия АН Арм.ССР“, сер. Математика, № 6, 485—502 (1976).

УДК 519.1

МАТЕМАТИКА

С. Х. Дарбинян, К. М. Мосесян

О панцикличности регулярных орграфов

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. Н. Мергеляном 30/VII 1978)

В настоящей статье придерживаемся терминологии, принятой в книге Харари (1). Под словом «орграф» всюду будем понимать конечный направленный граф.

В работах Гордона, Эрдёша и Хоббса (2) доказаны гамильтоновость некоторых классов конечных неориентированных регулярных графов. В предлагаемой работе рассмотрена аналогичная задача для орграфов, и для всякого $n \geq 8$ доказана панцикличность любого $(2n+1)$ -вершинного $(n-1)$ -регулярного орграфа. Кроме того, при $n \geq 5$, для таких орграфов доказано существование орциклов (контуров) всех длин, не более $2n$.

Орграф G называется k -регулярным, если для любой его вершины v имеет место $od(v) = id(v) = k$, где $od(v)$ (соответственно $id(v)$) — полустепень исхода (захода) вершины v .

Для любых подмножеств $A, B \subseteq V(G)$ орграфа введем следующие обозначения:

$$E(A \rightarrow B) = \{(u, v) \in E(G) / u \in A, v \in B\},$$

$$E(A, B) = E(A \rightarrow B) \cup E(B \rightarrow A).$$

$A \rightarrow B$ означает, что $(u, v) \in E(G)$ для всех $u \in A$ и $v \in B$.

Через C_r (соответственно P_r) обозначим орцикл (путь) длины r , а $V(C_r)$ — множества вершин орцикла C_r .

Для любого орцикла C_r из G и для любых вершин $u \in V(G)$, $v \in V(G) \setminus V(C_r)$ введем обозначения:

$$\beta(x, C_r) = r - |E(\{x\}, V(C_r))|, \quad A(C_r) = V(G) \setminus V(C_r),$$

$$S^+(u) = \{v \in V(G) / (u, v) \in E(G)\}, \quad S^-(u) = \{v \in V(G) / (v, u) \in E(G)\}.$$

$\{u^1, \dots, u^k\}$, где $k = |V(G)| - od(u) - id(u) - 1$, означает множество несмежных с u вершин графа G .

Через Φ_k обозначим множество p -вершинных орграфов, содержащих орцикл длины k .

$H \subset G$ означает, что H — подграф орграфа G .

Всюду под G будем понимать произвольный $(2n-1)$ — вершинный $(n-1)$ — регулярный орграф с множеством вершин $V(G)$ и множеством дуг $E(G)$.

Теорема 1. Для любых $n \geq 5$ и $r \in [3, 2n]$ орграф G содержит орцикл длины r .

Теорема 2. Для любого $n \geq 8$ орграф G — панциклический.

Дадим схему доказательства теорем 1 и 2 в виде последовательности лемм 1—10.

Замечание 1. По принципу ориентированной двойственности⁽¹⁾ утверждения всех лемм останутся справедливыми, если в их формулировках заменить выражение $|E[x] \rightarrow V(C_r)|$ на $|E(V(C_r) \rightarrow [x])|$.

Лемма 1. Для любых $n \geq 4$, $r \geq 3$ и $q \in [1, r]$, если $P_{q-1} = (u_1, \dots, u_q) \subset \langle V(G) \setminus V(C_r) = (v_1, \dots, v_r) \rangle$ и для некоторого $i \in [1, r]$ имеет место $(v_i, u_1), (u_q, v_{(q+1) \bmod r}) \in E(G)$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Лемма 2. Для любых $n \geq 4$ и $r \geq 3$, если существует $C_r \subset G$ такой, что для всякой $x \in A(C_r)$ имеет место $\beta(x, C_r) = 2$, то $|A(C_r)| \leq r$.

Лемма 3. Для любых $n \geq 5$ и $r \geq 4$, если существует $C_r \subset G$ и $x \in A(C_r)$ такие, что $|E[x] \rightarrow V(C_r)| = 0$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Лемма 4. Для любых $n \geq 5$ и $r \geq 3$, если существует $C_r \subset G$ такое, что $|A(C_r)| \geq 4$ и для некоторой $x \in A(C_r)$ имеет место $|E([x] \rightarrow V(C_r))| = n-1$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Лемма 5. Если $n \geq 5$, то для любого $r \in [3, 6]$ имеет место $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Лемма 6. Для любых $n \geq 5$ и $r \geq 6$, если существует $C_r \subset G$ такое, что для некоторой $x \in A(C_r)$ имеет место $\beta(x, C_r) = 1$ или $|E([x] \rightarrow V(C_r))| = 1$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

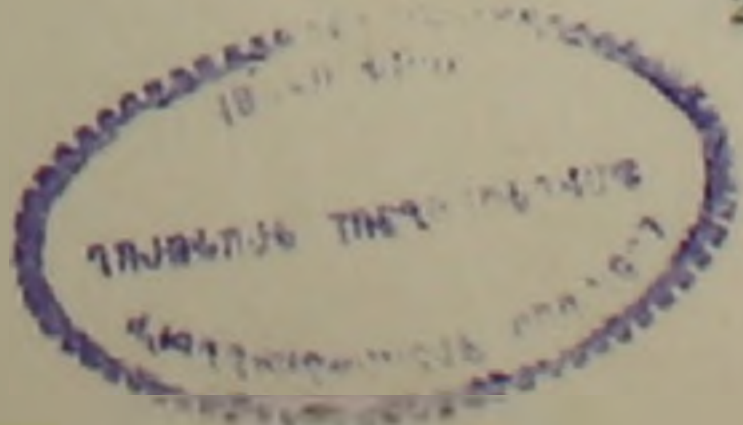
Лемма 7. Для любых $n \geq 5$ и $r \geq 6$, если существует $C_r \subset G$ такое, что $|A(C_r)| \geq 4$ и для некоторой $x \in A(C_r)$ имеет место $|E([x] \rightarrow V(C_r))| = 2$ или $|E(A(C_r) \cap S^+(x) \rightarrow A(C_r) \cap S^-(x))| = \emptyset$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Лемма 8. Для любых $n \geq 5$ и $r \geq 6$, если существует $C_r \subset G$ и $C_3 \subset \langle A(C_r) \rangle$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Лемма 9. Для любого $n \geq 5$, если существует $C_r \subset G$ такое, что $2 \leq |A(C_r)| \leq 3$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Лемма 10. Для любого $n \geq 8$, если существует $C_r \subset G$ такое, что $|A(C_r)| = 1$, то $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

Утверждения лемм 1 и 2 очевидны. Леммы 3—7 и 9 (для случая $|A(C_r)| = 3$) доказываются упорядоченным персбором. Для иллюстрации вкратце докажем часть леммы 7. Пусть $n \geq 5$ и $r \geq 6$ — произвольные числа и существует подграф C_r графа G такой, что $|A(C_r)| \geq 4$ и



для некоторой вершины $x \in A(C_r)$ имеет место $|E(\{x\} \rightarrow V(C_r))| = 2$. Допустим, что $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$. По леммам 3, 4 и 6, для любого $y \in A(C_r)$ имеет место $|E(\{y\} \rightarrow V(C_r))| \in [0, 1, n-1]$, $|E(V(C_r) \rightarrow \{y\})| \in [0, 1, n-1]$ и $\beta(y, C_r) = 2$. По лемме 2, $|A(C_r)| \leq r$. Следовательно $n+1 \leq r \leq n+2$, $\langle A(C_r) \rangle$ является турниром и началом цикла $C_r = (v_1, \dots, v_r, v_1)$ мы могли выбрать так, чтобы $(v_1, x) \in E(G)$, $v_2 = x^1$ и $(v_3, x) \notin E(G)$. Легко заметить, что $|A(C_r) \cap S^+(x)| = n-3$, $1 \leq |A(C_r) \cap S^-(x)| \leq 2$ и, пользуясь леммой 1 получаем следующее соотношение: $2 \leq |A(C_r) \cap S^+(x)| \leq 3$. Следовательно, $5 \leq n \leq 6$.

1) $n=6$.

Нетрудно заметить, что $|A(C_r) \cap S^+(x)| = 3$, $|A(C_r) \cap S^-(x)| = 2$, $r=7$, $|A(C_r) \cap S^+(x)| \rightarrow |A(C_r) \cap S^-(x)|$ и $\langle A(C_r) \cap S^+(x) \rangle$ является циклической тройкой. Очевидно $E(\{v_3\} \rightarrow |A(C_r) \cap S^+(x)|) \neq \emptyset$ и пусть $(v_3, y_1) \in E(\{v_3\} \rightarrow |A(C_r) \cap S^+(x)|)$.

Тогда $C_8 = (v_3, y_1, y_2, z_1, z_2, x, v_3, v_4, v_5) \subset G$ или $C_8 = (v_3, y_1, y_2, y_3, z_1, z_2, x, v_1, v_3) \subset G$, где $P_1 = (z_1, z_2) \subset \langle A(C_r) \cap S^-(x) \rangle$, $P_2 = (y_1, y_2, y_3) \subset \langle A(C_r) \cap S^+(x) \rangle$, соответственно для случаев $(x, v_3) \in E(G)$ и $(x, v_4) \in E(G)$. Отсюда следует $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$, что противоречит предположению $G \in \Phi_{r+1}^{2n+1}$.

2) $n=5$.

Доказывается аналогичным образом.

Для доказательства лемм 8, 10 и 9 (для случая $|A(C_r)| = 2$) рассматриваются отдельные случаи, используя следующее:

З а м е ч а н и е 2. Для любых $n \geq 5$ и $r \geq 4$, если существует такой орицикл $C_r = (v_1, v_2, \dots, v_r, v_1) \subset G$, что для любой $x \in A(C_r)$ имеет место $\beta(x, C_r) = 2$, $E(\{x\} \rightarrow V(C_r)) \neq \emptyset$, $E(V(C_r) \rightarrow \{x\}) \neq \emptyset$ и для любого $i \in [1, r]$, если $(v_i, x) \in E(G)$, то $(x, v_{i+1 \bmod r}) \notin E(G)$. Тогда возможны только следующие случаи I—IV (с точностью до выбора начальной вершины цикла C_r и переориентации всех дуг):

- I) $\exists s \in [2, r-2] (\{v_1, \dots, v_{s-1}\} \rightarrow \{x\} \& \{x\} \rightarrow \{v_{s+2}, \dots, v_r\} \& \{x^1, x^2\} = \{v_s, v_{s+1}\})$,
- II) $\exists s \in [2, r-2] (\{v_1, \dots, v_{s-1}\} \rightarrow \{x\} \& \{x\} \rightarrow \{v_{s+1}, \dots, v_{r-1}\} \& \{x^1, x^2\} = \{v_s, v_r\})$,
- III) $\exists s \in [2, r-3], \exists l \in [s+2, r-1] (\{v_1, \dots, v_{s-1}\} \rightarrow \{x\} \& \{x\} \rightarrow \{v_{s+1}, \dots, v_{l-1}, v_{l+1}, \dots, v_r\} \& \{x^1, x^2\} = \{v_s, v_l\})$,
- IV) $\exists s \in [2, r-4], \exists l \in [1, r-s-3], \exists l' \in [s+l+2, r-1] (\{v_1, \dots, v_{s-1}, v_{s+l+1}, \dots, v_{l-1}\} \rightarrow \{x\} \& \{x\} \rightarrow \{v_{s+1}, \dots, v_{s+l}, v_{l+1}, \dots, v_r\} \& \{x^1, x^2\} = \{v_s, v_{l'}\})$.

Для иллюстрации в кратце докажем случай 1) леммы 10.

Пусть $C_r = (v_1, \dots, v_r, v_1)$ удовлетворяет условиям леммы. Заметим, что $r=2n$ и $s=n$.

Возможны следующие случаи;

- 1) $\forall i \in [2, n] ((v_{2n}, v_i) \notin E(G))$.

Очевидно, $S^+(v_{2n}) = \{v_1, v_{n+1}, \dots, v_{2n-2}\}$ и $\forall i \in [2, n], \exists l \in [n+1, 2n-1] ((v_{2n}, v_l) \in E(G))$.

- 1.1) $\exists l \in [1, n-2], \exists j \in [l+2, n] ((v_l, v_j) \in E(G))$.

Тогда $C_{2n+1} = (v_1, \dots, v_j, \dots, v_{l+1}, v_{l+1}, \dots, v_{j-1}, x, v_{l+1+1}, \dots, v_{2n}, v_1) \subset G$.

Следовательно $G \in \Phi_{n+1}^{2n+1}$.

(1.2.) $\forall i \in [1, n-2], \forall j \in [i+2, n] ((v_i, v_j) \notin E(G))$.

Тогда $S^-(v_n) = \{v_{n+1}, v_{n+2}, \dots, v_{2n-1}\}$.

Если существует такое $i \in [n, 2n-3]$, что $(v_i, v_1) \in E(G)$, то $C_{2n+1} = \{v_{2n}, v_{i+1}, \dots, v_{2n-1}, v_n, \dots, v_1, \dots, v_{n-1}, x, v_{2n}\} \subset G$.

Поэтому $G \in \Phi_{n+1}^{2n+1}$.

Предположим, что для любого $i \in [n, 2n-3]$ имеет место $(v_i, v_1) \notin E(G)$. Тогда $S^+(v_n) = \{v_2, \dots, v_{n-2}, v_{n+1}, v_{2n}\}$ и $(v_1, v_{n+1}) \in E(G)$. Следовательно, $C_{2n+1} = \{v_1, v_{n+1}, \dots, v_{2n-1}, v_n, v_2, \dots, v_{n-1}, x, v_{2n}, v_1\} \subset G$, т. е. $G \in \Phi_{n+1}^{2n+1}$.

2) $\exists q \in [2, n] ((v_{2n}, v_q) \in E(G))$.

Если существует такое $i \in [n+1, 2n-1]$, что $(v_i, v_1) \in E(G)$, то $C_{2n+1} = \{v_1, \dots, v_{q-1}, x, v_{i+1}, \dots, v_{2n}, v_q, \dots, v_i, v_1\} \subset G$, т. е. $G \in \Phi_{n+1}^{2n+1}$.

Предположим, что для любого $i \in [n+1, 2n-1]$ имеет место $(v_i, v_1) \notin E(G)$. Тогда после переориентации всех дуг придем к случаю 1) и, следовательно, $G \in \Phi_{n+1}^{2n+1}$.

Следующий пример показывает, что в теореме 2 ограничение на n неулучшаемо (G не содержит циклов длины 4).

$G = ([1, \dots, 9], \{[3, 4, 5] \rightarrow [2, 6, 7], [2, 6, 7] \rightarrow [1, 8, 9], [1, 8, 9] \rightarrow [3, 4, 5]\})$.

Предполагается, что теорема 2 верна для всех $n \geq 5$.

Вычислительный центр

Академии наук Армянской ССР и

Ереванского государственного университета

И. Б. ГԱՐՐԻՆՅԱՆ, Կ. Մ. ՄՈՍԽՍՅԱՆ

Պատկերակրկ համաստեղ կողմնորոշված գրաֆների մասին

Դիտարկվում են վերջավոր կողմնորոշված, առանց զուգահեռ աղիղների և հանգույցների գրաֆներ:

Կորդոնի, էրդյոշի և Հորբսի ⁽²⁾ աշխատանքներում ցույց է տրվում վերջավոր համաստեղ ոչ կողմնորոշված գրաֆների որոշ դասերի համիլտոնյանությունը: Ներկա հոդվածում դիտարկվում է նման խնդիր կողմնորոշված գրաֆների համար և ցանկացած $n \geq 8$ քնակա թվի համար, ցույց է տրվում, որ $(2n+1)$ -գաղաթանի կամայական $(n-1)$ -համաստեղ կողմնորոշված գրաֆ հանդիսանում է պանցիկլիկ, բացի դրանից ցույց է տրվում, որ $n \geq 5$ համար n -յգլիսի կողմնորոշված գրաֆները պարունակում են $2n$ -ից ոչ մեծ ցանկացած նրկարությամբ կողմնորոշված ցիկլ:

ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Ф. Харари, «Теория графов», М. Мир, 1971. ² P. Erdős and A. M. Hobbs, Hamiltonian Cycles in Regular Graphs of Moderate Degree, J. of Combin. Theory B23, 139–142, 1977.

УДК 51:621.391

А. А. Мартиросян, Э. М. Погосян

Исследование устойчивости сравнительных характеристик согласующих индукторов

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. Н. Мергеляном 14/IX 1978)

1. Для конечной модели индуктивного обобщения, предложенной ранее (¹), и сложности расшифровки, при которой пара множеств (ПМ) предполагается расшифрованной, если гипотеза полностью совпадает с ней, было показано, что несогласующие индукторы, вообще говоря, расшифровывают ПМ не хуже согласующих. В данной работе будет доказана устойчивость указанного свойства, если требовать лишь частичного совпадения гипотезы с искомой ПМ с точностью до заданного порога.

Понятия и обозначения, введенные в (¹), используются без повторных определений.

2. Пусть каждому числу i ($0 \leq i \leq k$) поставлено в соответствие какое-либо натуральное число $\bar{z}_i \leq l$ причем всегда $\bar{z}_0 = 0$.

Определение 1. Объемной сложностью ПМ v относительно индуктора f и множества $\bar{z} = \{\bar{z}_i | 0 \leq i \leq k\}$ назовем число:

$$S_i(v, f) = \begin{cases} \min_{\{f(x) \neq y | x \in v\}} |x|, & \text{если такое } x \text{ существует} \\ k+1, & \text{в обратном случае.} \end{cases}$$

Величины $\bar{z}_i$ играют здесь роль порогов.

Определение 2. Объемной сложностью множества $A \subseteq T$ относительно $G \subseteq F$ при $\bar{z} = \{\bar{z}_i | 0 \leq i \leq k\}$ назовем число

$$S_i(A, G) = \min_{f \in G} \max_{v \in A} S_i(v, f)$$

Когда речь будет идти о заранее заданной $\bar{z}$, то мы будем писать просто $S(A, G)$ вместо $S_i(A, G)$. При $\bar{z}_i = 0$ ($1 \leq i \leq k$) это определение совпадает со сложностью, введенной в (¹).

Введем некоторые дополнительные соглашения.

По определению индуктора (¹) для любых $f_1, f_2 \in F$ и $x \in N \setminus T$, $f_1(x) = f_2(x)$; поэтому при построении индукторов нас будут интере-

совать лишь первые $|T|$ его значений. В соответствии с этим, например, запись $f(x)=x$ будет обозначать индуктор

$$f(x) = \begin{cases} x, & \text{если } x \in T, \\ |T| + 1 & \text{если } x \in N \setminus T. \end{cases}$$

Определение 3. Скажем, что ПМ x расшифровывает ПМ v посредством индуктора f , если $|f(x) \nabla v| \leq \delta_{|v|}$. Заметим, что если $\delta_{|v|} = 0$, то x будет расшифровывать v тогда и только тогда, когда $f(x) = v$. Будем говорить также, что множество $A \subseteq T$ расшифровывается индуктором f , если для всякого $v \in A$ найдется $x \in T$ такое, что $|f(x) \nabla v| \leq \delta_{|v|}$.

3. В теореме 1 даются необходимые и достаточные условия того, чтобы при расшифровке произвольных множеств $A \subseteq T$ несогласующие индукторы работали не хуже согласующих, причем эти условия оказываются достаточно слабыми.

Теорема 1. Неравенство $S(A, F_{\text{ис}}) \leq S(A, F_c)$ выполняется одновременно для всех $A, A \subseteq T$, тогда и только тогда, когда существует $i_0 (1 \leq i_0 \leq k-1)$ такое, что $\delta_{i_0} > 0$.

Рассмотрим соотношение сложностей $S_i(A, F_c) \leq S_i(A, F_{\text{ис}})$ при различных конкретных распределениях δ . Оказывается, что если мы будем разумно ограничивать пороги δ_i то неравенство $S_i(A, F_{\text{ис}}) \leq S_i(A, F_c)$, доказанное в теореме 1, для некоторых $A \subseteq T$ превращается в строгое.

Если же все δ_i очень велики, то любое множество $A \subseteq T$ будет расшифровываться согласующими и несогласующими индукторами всегда с одной и той же сложностью, равной 1 (с единственным исключением, когда $A = \{(\emptyset, \emptyset)\}$). Естественно считать такой случай неинтересным.

Теорема 2. Пусть $\delta_i = 0$ при $i = 1$. Тогда

$$\exists A (A \subseteq T \& S_i(A, F_{\text{ис}}) < S_i(A, F_c)) \sim \exists i_0 (2 \leq i_0 \leq k \& \delta_{i_0} \leq i_0 - 2)$$

Следствие 1. Пусть существует $i_0 (3 \leq i_0 \leq k; k \geq 4)$ такое, что $\delta_{i_0} = 0$. Тогда найдется такое $A \subseteq T$, что

$$S(A, F_{\text{ис}}) < S(A, F_c)$$

Покажем, что при $\delta_i = 0 (1 \leq i \leq k)$, можно указать классы ПМ, которые согласующими индукторами расшифровываются строго лучше чем несогласующими.

Теорема 3. Пусть $\delta_i = 0$ для всех $i (1 \leq i \leq k)$. Чтобы для некоторого множества A выполнялось неравенство

$$S(A, F_c) < S(A, F_{\text{ис}})$$

необходимо и достаточно, чтобы A удовлетворяло одному из следующих двух условий:

$$a) |A| = |T \setminus D^k| \quad \text{и} \quad \forall x, y (x \in (T \setminus D^k) \setminus A \ \& \ y \in A \ \& \ |x| < |y| \rightarrow x \subseteq y)$$

$$b) A \supseteq T \setminus D^k.$$

Теоремы 1—3 дают представление о соотношении сложностей расшифровки классов ПМ согласующими и несогласующими индукторами при различных распределениях порогов δ_i . Точнее, справедливо следующее

Следствие 2.

1. Если $\forall i (1 \leq i \leq k-1 \rightarrow \delta_i = 0)$, то

$$\exists A_1, A_2 (A_1, A_2 \subseteq T \ \& \ S(A_1, F_c) < S(A_1, F_{nc}) \ \& \ S(A_2, F_{nc}) < S(A_2, F_c)).$$

2. Если $\exists i_0 (1 \leq i_0 \leq k-1 \ \& \ \delta_{i_0} > 0)$, то:

$$(a) \ \delta_1 = 0 \ \& \ \exists i (2 \leq i \leq k \ \& \ \delta_i \leq i-2) \rightarrow (\forall A (A \subseteq T \rightarrow S(A, F_{nc}) \leq S(A, F_c) \ \& \ \exists B (B \subseteq T \ \& \ S(B, F_{nc}) < S(B, F_c))),$$

$$(b) \ \delta_1 = 0 \ \& \ \forall i (2 \leq i \leq k \rightarrow \delta_i > i-2) \rightarrow \forall A (A \subseteq T \rightarrow S(A, F_c) = S(A, F_{nc})),$$

$$(c) \ \delta_1 > 0 \ \& \ \forall i (3 \leq i \leq k \ \& \ k > 4 \rightarrow \delta_i > 1) \rightarrow \forall A (A \subseteq T \rightarrow S(A, F_{nc}) \leq S(A, F_c)),$$

$$(d) \ \delta_1 > 0 \ \& \ \exists i (3 \leq i \leq k \ \& \ k > 4 \ \& \ \delta_i = 0) \rightarrow (\forall A (A \subseteq T \rightarrow S(A, F_{nc}) \leq S(A, F_c) \ \& \ \exists B (B \subseteq T \ \& \ S(B, F_{nc}) < S(B, F_c))).$$

Определение 4. Пусть даны индуктор f и ПМ x, v . Будем говорить, что x и v находятся в отношении Θ_f (этот факт будем обозначать через $x \Theta_f v$), если $x \subseteq v$ и x расшифровывает v посредством f , то есть $|f(x) \cap v| \leq \delta_1$.

Предикат Θ_f по существу накладывает более жесткие ограничения на ПМ x , посредством которых может быть расшифрована данная ПМ v , а именно, требование согласованности x с v . Сложность расшифровки $S(v, f)$ при этом ограничении принимает следующий вид:

$$S'(v, f) = \begin{cases} \min_{x \Theta_f v} |x|, & \text{если такое } x \text{ существует,} \\ k+1, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Определение 5. Скажем, что множество $B \subseteq T$ расшифровывает $A \subseteq T$ посредством индуктора f , если для всякого $v \in A$ найдется $x \in B$ такое, что $x \Theta_f v$. Через $Z(A, f)$ обозначим какое-либо минимальное по мощности множество, расшифровывающее A посредством индуктора f и удовлетворяющее свойству

$$с4. \quad S'(A, f) = \max_{x \in Z(A, f)} |x|$$

Множество $Z(A, f)$ назовем рабочей зоной f при расшифровке множества A .

Данное определение корректно. Действительно, пусть x_v — какая-либо минимальная по мощности ПМ такая, что $x_v \Theta_f v$. Тогда мно-

жество $\{x_v | v \in A\}$ будет расшифровывать A посредством f и, в то же время, для него будет выполнено с†.

Заметим, что условие вхождения x_v в $Z(A, f)$ для каждого v , вообще говоря, не является необходимым.

Теорема 4. $\forall A (A \subseteq T \rightarrow S'(A, F_c) \leq S'(A, F_{nc}))$.

Найдем класс тех множеств $A \subseteq T$, на которых согласующие индукторы работают строго лучше несогласующих.

Теорема 5. Пусть $\delta_i = 0$ для всех $i (1 \leq i \leq k)$. Тогда для выполнения неравенства

$$S'(A, F_c) < S'(A, F_{nc})$$

необходимо и достаточно выполнение одного из следующих условий:

- У1. $|A| = |T \setminus D^k|$ и существует такое взаимнооднозначное отображение ψ из $(T \setminus D^k) \setminus A$ в $D^k \cap A$, что $x \subseteq \psi(x)$ для любого x ,
У2. $A \supseteq T \setminus D^k$.

Класс множеств, выделенный в теореме 5 достаточно обширен и интересно найти, как он изменится, если допускать для некоторых δ_i значения, отличные от 0. Ответом на этот вопрос является

Теорема 6. Пусть $\delta_i \leq \delta_i + 1$ для всех $i (1 \leq i < k)$ и существует $i_0 (1 \leq i_0 \leq k-1)$ такое, что $\delta_{i_0} > 0$. Тогда для произвольного множества $A \subseteq T$

$$S^1(A, F_{nc}) = S^1(A, F_{nc}).$$

Вычислительный центр

Академии наук Армянской ССР и

Ереванского государственного университета

Ա. Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Է. Մ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ

Համաձայնեցնող ինդուկտորների համեմատական
բնութագրերի կայունության մասին

Նախկինում առաջարկված ինդուկտիվ ընդհանրացման մոդելի սահմաններում համեմատված են համաձայնեցնող և ոչ-համաձայնեցնող ինդուկտորների բացարձակ հնարավորությունները, ընդ որում փնտրվող հասկացությունը համարվում է վերծանված, եթե հիստոթեզը համընկնում է նրա հետ տրված ճշտությամբ: Պարզվում է, որ նշված համեմատական հատկությունները կայուն են վերծանման ճշտության փոփոխման լայն սահմաններում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Э. М. Погосян «К теории автоматического синтеза понятий». Семантика и информатика, в. 8, ВИННИТ, 125—152, №, 1977.

УДК 519.48

МАТЕМАТИКА

А. Г. Григорян

Кольца эндоморфизмов модулей над малыми предаdditивными категориями

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александрияном 5/X 1978)

В настоящей работе мы формулируем ряд теорем о характеристизации некоторых классов малых предаdditивных категорий $\mathcal{C}$ с помощью свойств колец эндоморфизмов тех или иных $\mathcal{C}$ -модулей. Эти теоремы обобщают известные результаты, относящиеся к модулям над кольцом; вместе с тем некоторые из этих теорем отличаются от соответствующих теорем для модулей над кольцом (см. замечания 1°—4°).

1. Категория $\mathcal{K}$ называется *преаdditивной*, если для любых ее объектов p и q множество $\text{Hom}_{\mathcal{K}}(p, q)$ — абелева группа, а композиция морфизмов билинейна. В дальнейшем через $\mathcal{C}$ будем обозначать произвольную малую предаdditивную категорию. Контравариантные аддитивные функторы из $\mathcal{C}$ в категорию абелевых групп называются *$\mathcal{C}$ -модулями*. Категория $\text{Mod } \mathcal{C}$ всех $\mathcal{C}$ -модулей является естественным обобщением категории правых модулей над некоторым кольцом (подробнее о $\mathcal{C}$ -модулях см. (1)). Все рассматриваемые кольца предполагаются ассоциативными и с единицей, а модули над ними — унитарными и правыми. Запись гомоморфизмов модулей производится слева от аргумента. Обозначения: $\text{Ob } \mathcal{C}$ (иногда просто $\mathcal{C}$) — множество объектов категории $\mathcal{C}$; $\mathcal{C}^*$ — категория, двойственная к $\mathcal{C}$; $|S|$ — мощность множества S ; $h_X = \text{Hom}_{\mathcal{K}}(-, X)$, где X — объект некоторой категории $\mathcal{K}$; $J(R)$ — радикал Джекобсона кольца R , $M^{(\omega)}$ — прямая сумма ω экземпляров $\mathcal{C}$ -модуля M (ω — некоторая мощность). *Правым идеалом* категории $\mathcal{C}$ называется $\mathcal{C}$ -подмодуль $\mathcal{C}$ -модуля $h_p = \text{Hom}_{\mathcal{C}}(-, p)$, $p \in \mathcal{C}$. Прямые суммы $\mathcal{C}$ -модулей h_p , где $p \in \mathcal{C}$, называются *свободными $\mathcal{C}$ -модулями*. Заметим, что не всякий свободный $\mathcal{C}$ -модуль — образующий (категории $\text{Mod } \mathcal{C}$). Назовем *p -рангом (рангом) свободного $\mathcal{C}$ -модуля* $\bigoplus_{p \in \mathcal{C}} (h_p)^{(\omega_p)}$ мощность ω_p множества слагаемых h_p для данного $p \in \mathcal{C}$ (сумму его p -рангов по всем $p \in \mathcal{C}$). Свободный $\mathcal{C}$ -модуль, имеющий ненулевой p -ранг для каждого $p \in \mathcal{C}$, будем называть *строго свободным*. Ясно, что всякий строго свободный $\mathcal{C}$ -модуль — образу-

ющий. Скажем, что строго свободный C -модуль *равномерно* ω -порожден (ω — некоторая мощность), если все его p -ранги равны ω . Класс C -модулей S называется *абстрактным*, если $M \in S$ и $M \simeq N$ влекут $N \in S$. Пусть G — проективный образующий категории $\text{Mod } C$ и $E = \text{Hom}_{\text{Mod } C}(G, G)$. Тогда $h^0 = \text{Hom}_{\text{Mod } C}(G, -)$ — функтор из $\text{Mod } C$ в $\text{Mod } E$, а G — левый E -модуль. Назовем E -модуль M *полным*, если $M \simeq h^0(M \otimes_E G)$. Скажем, что C -модуль M G -порожден, если существует точная последовательность C -модулей $0 \rightarrow K \rightarrow G \rightarrow M \rightarrow 0$; если при этом K также G -порожден, то M называется G -связанным. Модуль над кольцом R называется I -связанным, если он K -связан. Будем называть (*абстрактным*) *свойством модулей* произвольную функцию a , сопоставляющую каждой малой предаддитивной категории C некоторый (*абстрактный*) класс C -модулей a_C . Если a — свойство модулей и C -модуль M принадлежит a_C , то будем говорить, что M *обладает свойством* a . Скажем, что свойство модулей a — (*частичное*) h^0 -свойство, если для всякого (для всякого G -порожденного) C -модуля M $M \in a_C \Leftrightarrow h^0(M) \in a_E$. Свойство модулей a назовем (*частичным*) h -свойством, если a — (*частичное*) h^0 -свойство для всякого проективного образующего C -модуля G .

По аналогии с доказательством теоремы 2.1 из (2) доказывается

Теорема 1. Если a — абстрактное частичное h -свойство модулей, то для всякой малой предаддитивной категории C равносильны утверждения: 1) все C -модули обладают свойством a ; 2) все полные циклические модули над кольцом эндоморфизмов любого проективного образующего C -модуля обладают свойством a ; 3) все конечно связанные циклические модули над кольцом эндоморфизмов любого проективного образующего C -модуля обладают свойством a ; 4) все I -связанные модули над кольцом эндоморфизмов любого проективного образующего C -модуля обладают свойством a ; 5) существует такая мощность ω , что все I -связанные модули над кольцом эндоморфизмов любого строго свободного C -модуля, p -ранг которого для каждого $p \in C$ превышает ω , обладают свойством a .

Более того, если a — абстрактное h -свойство, то этим утверждениям равносильно: 6) все полные модули над кольцом эндоморфизмов любого проективного образующего (некоторого строго свободного) C -модуля обладают свойством a .

Аналогично доказательству предложений 2.4, 2.10 и 2.9 из (2) доказывается.

Предложение 1. Инъективность модуля — абстрактное h -свойство; проективность модуля — абстрактное частичное h -свойство; вложимость модуля в проективный — абстрактное частичное h^0 -свойство для любой мощности $\omega \geq |\text{Ob } C|$ и равномерно ω -порожденного строго свободного C -модуля F .

Из теоремы 1 и предложения 1 следуют формулируемые ниже теоремы 2—5.

2. Категория $\mathcal{C}$ называется *классически полупростой* (^{1,2}), если $\mathcal{C}$ -модуль h_p есть прямая сумма минимальных правых идеалов для каждого $p \in \mathcal{C}$.

Теорема 2. Для всякой малой предаддитивной категории $\mathcal{C}$ равносильны утверждения: 1) $\mathcal{C}$ классически полупроста; 2) кольцо эндоморфизмов любого $\mathcal{C}$ -модуля регулярно (в смысле фон Неймана); 3) кольцо эндоморфизмов любого проективного (свободного) $\mathcal{C}$ -модуля регулярно; 4) кольцо эндоморфизмов равномерно счетно порождённого строго свободного $\mathcal{C}$ -модуля регулярно.

3. Известно, что квазифробениусовость кольца R эквивалентна каждому из следующих двух условий, накладываемых на правые R -модули: «все проективные модули инъективны» и «все инъективные модули проективны». Рассматривая эти два условия для $\mathcal{C}$ -модулей, Харада (⁴) выяснил, что в общем случае ни одно из них не следует из другого. С другой стороны, как показал Лещинский (⁵), эти условия остаются равносильными, если их наложить на $\mathcal{C}$ -модули и $\mathcal{C}^*$ -модули одновременно.

Теорема 3. Для всякой малой предаддитивной категории $\mathcal{C}$ равносильны утверждения: 1) все проективные (плоские) $\mathcal{C}$ -модули инъективны; 2) кольцо эндоморфизмов любого проективного образующего $\mathcal{C}$ -модуля самоинъективно справа; 3) кольцо эндоморфизмов любого строго свободного $\mathcal{C}$ -модуля самоинъективно справа; 4) кольцо эндоморфизмов равномерно счетно порождённого строго свободного $\mathcal{C}$ -модуля самоинъективно справа.

Теорема 4. Для всякой малой предаддитивной категории $\mathcal{C}$ равносильны утверждения: 1) все инъективные $\mathcal{C}$ -модули проективны; 2) для любой мощности $\omega \geq |\text{Ob } \mathcal{C}|$ в кольце эндоморфизмов равномерно ω -порождённого строго свободного $\mathcal{C}$ -модуля всякий конечно порождённый (главный) правый идеал — правый аннулятор конечно порождённого левого идеала.

4. Категория $\mathcal{C}$ называется *наследственной справа*, если все ее правые идеалы проективны. Кольцо называется *риккартовым справа*, если в нем правый аннулятор любого элемента — главный правый идеал, порожденный идемпотентом.

Теорема 5. Для всякой малой предаддитивной категории $\mathcal{C}$ равносильны утверждения: 1) $\mathcal{C}$ наследственна справа; 2) кольцо эндоморфизмов любого проективного (свободного) $\mathcal{C}$ -модуля полунаследственно справа; 3) кольцо эндоморфизмов любого проективного (свободного) $\mathcal{C}$ -модуля риккартово справа.

5. Категория $\mathcal{C}$ называется *совершенной справа* (⁶), если все $\mathcal{C}$ -модули имеют проективные накрытия. Кольцо R называется *полурегулярным* (⁶), если идемпотенты можно поднимать по модулю $J(R)$, а факторное кольцо $R/J(R)$ регулярно.

Теорема 6. Для всякой малой предаддитивной категории $\mathcal{C}$ равносильны утверждения: 1) $\mathcal{C}$ совершенна справа; 2) кольцо эндомор-

физмов любого проеکتивного (свободного) C -модуля полурегулярно;
3) кольцо эндоморфизмов равномерно счетно порожденного строго свободного C -модуля полурегулярно.

Схема доказательства. 1) $\rightarrow$ 2). Аналогично доказательству теоремы 3.9 из (6). 2) $\rightarrow$ 3). Очевидно. 3) $\rightarrow$ 1). С помощью предложения 1.2 и теоремы 5.4 из (3) и теоремы 3.9 из (6).

6. Категория C называется когерентной справа (7), если все ее конечно порожденные правые идеалы конечно связаны. По аналогии с доказательством следствия 1 из (8) доказывается

Теорема 7. Если малая предаддитивная категория C когерентна справа, то для всякой бесконечной мощности $\omega \geq |\text{Ob}C|$ кольцо эндоморфизмов равномерно ω -порожденного строго свободного C -модуля когерентно справа.

7. Замечания. 1°. Теорема 2 обобщает теорему 1 из (9) и теорему 3.5 из (10); теорема 3—теорему 5 из (11) и теорему 3 из (12) (см. также (13)); теорема 4—теорему 3.7 из (2); теорема 5—теорему 1 из (14) и теорему 3 из (15); теорема 6—теорему 3.9 из (6) и, наконец, теорема 7 обобщает следствие 1 из (8).

2°. В отличие от случая модулей над кольцом (см. (10), теорема 3.5; (2), теорема 3.5; (6) теорема 3.9) к списку утверждений, упоминаемых в теореме 2 (соответственно, в теореме 3, в теореме 6), нельзя добавить требование регулярности (соответственно, самоинъективности справа, полурегулярности) кольца эндоморфизмов некоторого свободного (или строго свободного) C -модуля бесконечного ранга.

3°. В отличие от случая модулей над кольцом (см. (2), теорема 3.5) условиям теоремы 3 не эквивалентно требование самоинъективности справа кольца эндоморфизмов любого свободного C -модуля.

4°. В отличие от случая модулей над кольцом (см. (8), следствие 1) свойство правой когерентности не переносится с категории C на кольцо эндоморфизмов любого свободного C -модуля. В этом смысле некоторым утешением служит теорема 7.

Вычислительный центр госплана Армянской ССР

Ա. Գ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

Փոփր պրեդադիտիվ կատեգորիաների վրայի մոդուլների
էնդոմորֆիզմների օղակներ

Ներկա աշխատանքում փոքր պրեդադիտիվ կատեգորիաների որոշ դասերը բնութագրվում են այդ կատեգորիաների վրայի ազատ, պրոյեկտիվ կամ այլ մոդուլների էնդոմորֆիզմների օղակների հատկությունների միջոցով: Ստացված թեորեմները բնահանրացնում են մի շարք հայտնի արդյունքներ, որոնք վերաբերվում են օղակի վրայի մոդուլների մասնավոր դեպքին: Միևնույն ժամանակ պետք է բնդգծել, որ այդ թեորեմներից մի մասը տարրերվում է իրենց համապատասխան օղակի վրայի մոդուլներին վերաբերվող հայտնի թեորեմներից:

- ¹ B. Mitchell, Adv. Math., 8, 1, 1—161 (1972).
- ² Г. М. Бродский, Матем. сб., 91, 2, 226—242 (1974).
- ³ D. Simson, Fund. Math., 96, 91—116 (1977).
- ⁴ M. Harada, Osaka J. Math., 10, 3, 585—596 (1973).
- ⁵ Z. Leszczynski, preprint.
- ⁶ W. K. Nicholson, Can. J. Math., 28, 5, 1105—1120 (1976).
- ⁷ U. Oberst, H. Röhrl, J. Algebra, 14, 1, 91—105 (1970).
- ⁸ H. Lenzing, Math. Z., 114, 3, 201—212 (1970).
- ⁹ Г. М. Цукерман, Сиб. мат. журн., т. 7, № 5, 1161—1167 (1966).
- ¹⁰ R. Ware, Trans. Amer. Math. Soc., 155, 1, 233—256 (1971).
- ¹¹ В. Н. Геминтерн, Мат. зм., 6, 5, 533—540 (1969).
- ¹² Т. С. Тольская, Сиб. мат. журн., 6, 5, 1202—1207 (1965).
- ¹³ Г. М. Бродский, Вестн. Моск. ун-та. матем.-мех., 3, 106 (1974).
- ¹⁴ В. Стефенсон, Г. М. Цукерман, Сиб. мат. журн., 11, 1, 228—232 (1970).
- ¹⁵ H. Lenzing, Math. Z., 118, 3, 219—240 (1970).

УДК 53.01.45 : 537 : 538

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Академик АН Армянской ССР А. Г. Иосифьян

О принципах энергообмена в электромагнитном
осцилляторе (LC-контур)

(Представлено 21/VII 1978)

Электромагнитный осциллятор LC рассматривается как механически фиксированная система вещественных тел. Эта вещественная система состоит из электродов, образующих емкость „С“, и из сверхпроводникового (без потерь) контура индуктивности „L“, замыкающего электроды емкости. Система отсчета O, x_0, y_0, z_0, t_0 расположена в центре масс контура (рис. 1).

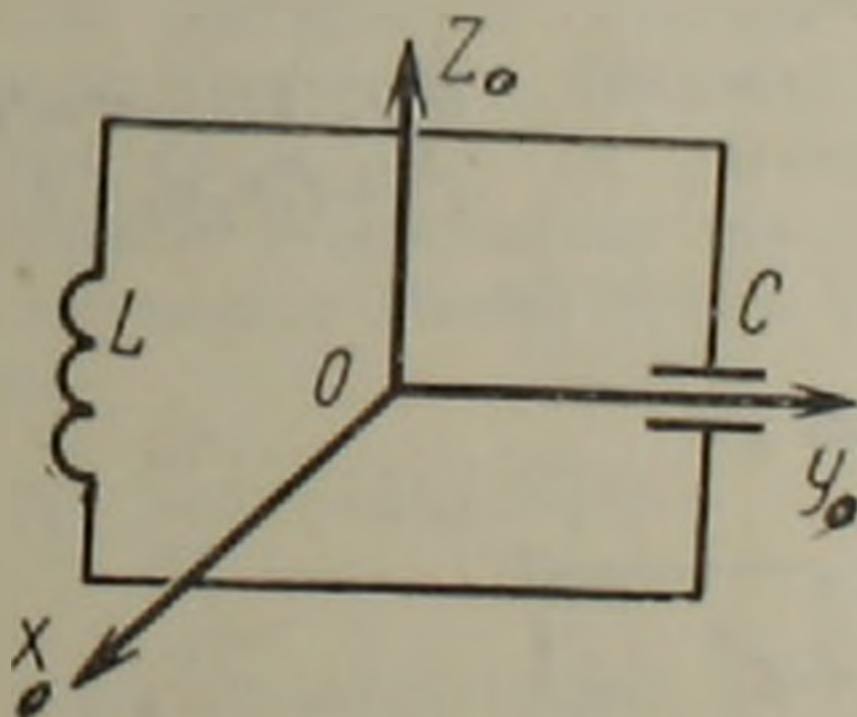


Рис. 1

Электромагнитную энергию в LC-контур можно ввести и вывести в трех относительных пространственно-временных подобластях энергообмена при $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC} \gg \int ds / \int dl^*$ в LC и сохранением законов Кирхгофа через эфир-поле:

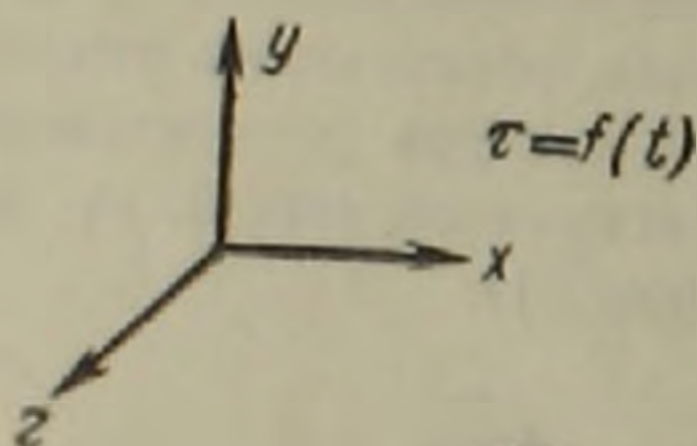
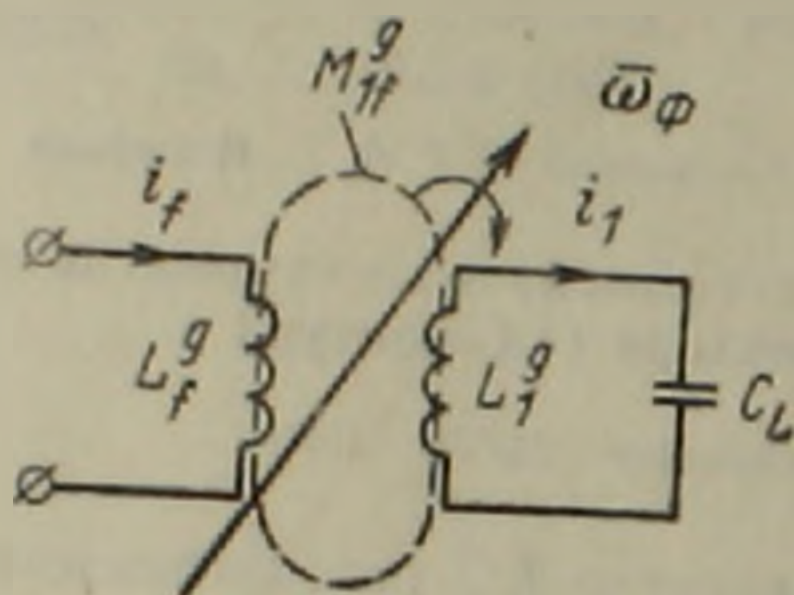
а) относительной магнитондукционной подобласти энергообмена „Ф“ в системе отсчета $(\bar{r}, t) = (0, x, y, z, t)$ (рис. 2), когда, пренебрегая электрическими потоками взаимной индукции, энергия вводится и выводится только через изменяющийся магнитный поток взаимной индукции $\Psi_f = \int \bar{B} \cdot d\bar{s}$ в зоне индуктивности с образованием в замкнутом LC—

* $l_{fрез} = c = 3 \cdot 10^8$ м/с; $\int ds \cdot \int d\bar{l}$ — условный параметр геометрии LC.

контуре тока $i(t) = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l}$; при замыкании „С“ энергообмен невозможен вследствие магнитной поляризации L -контура в условиях сверхпроводимости ($R=0$);

б) относительной электроиндукционной подобласти энергообмена „Q“ в системе отсчета $(\vec{r}'t') = (0', x', y', z', t')$ (рис. 3), когда, пренебрегая магнитными потоками взаимной индукции, энергия вводится

Пространство Φ

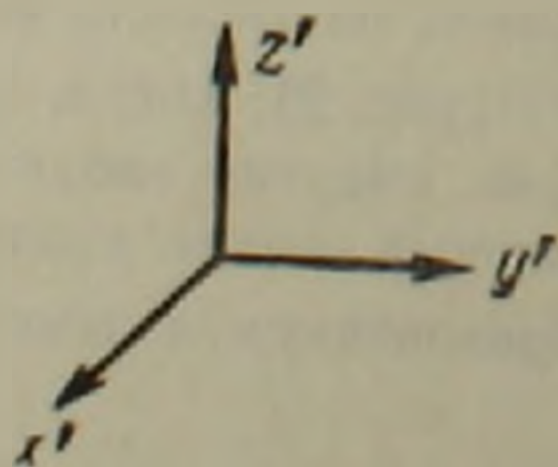
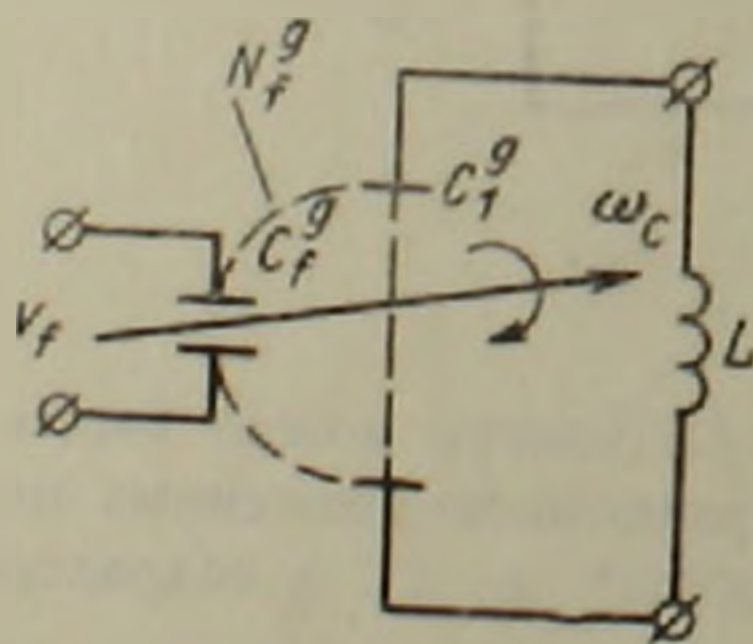


$$i(t); v(t); \tau = f(t)$$

$$g^{\Phi} \rightarrow f(x, y, z, t)$$

Рис. 2

Пространство Q



$$i(t'); v(t'); \tau' = f(t')$$

$$g^Q = f(x', y', z', t')$$

Рис. 3

выполнится только через изменяющийся электрический поток взаимной индукции $Q_f = \int \bar{D}^* d\bar{s}^*$ в зоне емкости „С“ с образованием в замкну-

том LC-контуре напряжения $V = \oint \bar{E}^* d\bar{l}^*$; при размыкании „L“ энергообмен невозможен вследствие электрической поляризации индуктивности L-контурa в условиях абсолютной изоляции ($R = \infty$):

в) относительной электромагнитной подобласти „QФ“, когда энергообмен осуществляется единым электромагнитным полем с участием как магнитных, так и электрических потокоцеплений.

Пространство „Ф“. Магнитноиндукционная подобласть энергообмена описывается уравнениями Лагранжа—Максвелла. При этом в системе отсчета $\bar{r}, t$ с измеряемыми параметрами $i(t)$; $v(t)$; $\tau = f(t)$ обобщенной координатой является электрический заряд $q(t)$ (А · с), обобщенной скоростью—ток $i(t) = \frac{dq}{dt}$ (А), электрокинетической энер-

гией $T_\epsilon^{\Phi} = f(i_1, i_f)$ —функция от квадратов и произведений токов с коэффициентами, зависящими от геометрических координат в виде

$$T_\epsilon^{\Phi} = \frac{1}{2} L_\epsilon i_1^2 + \frac{1}{2} L_f i_f^2 + M_{1f} i_1 i_f, \quad (1)$$

где g —геометрические координаты в системе отсчета $(\bar{r}, t)$;

L_ϵ, M_{1f} —индуктивности, зависящие от геометрических координат.

В этом обобщенном пространстве Максвелл пренебрег внешними электрическими полями, как полями, не вызывающими энергообмен или механическое движение вещественных тел.

Из (1) следует выражение динамического импульса как магнитного потокоцепления:

$$\Psi_1 = \frac{\partial T_\epsilon^{\Phi}}{\partial q_1} = L_\epsilon i_1 + M_{1f} i_f,$$

$$\Psi_f = \frac{\partial T_\epsilon^{\Phi}}{\partial q_f} = L_f i_f + M_{1f} i_1,$$

а обобщенные силы—

$$\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Psi_1}{dt}, \quad \mathcal{E}_f = -\frac{d\Psi_f}{dt}.$$

По гипотезе Максвелла ЭДС в вещественном контуре совершает работу $\delta A = \mathcal{E} \delta q$ по „передвижению“ электрического заряда в контуре.

Максвелл постулировал, что обобщенная сила $\mathcal{E} = -\frac{d\Psi}{dt}$ в форме элек-

тродвижущей силы не зависит от природы, свойств и структуры проводников, в которых эта обобщенная сила возникает (¹, § 534). Она в обобщенном пространстве „Ф“ существует независимо от вещественного контура и определяется интегралом вектора напряженности по геометрическому контуру, охватывающему магнитный поток (ось электрической мощности „axis of power“ Фарадея).

Как известно, в LC -контуре возбужденная магнитным потоко-
сцеплением Ψ энергия W^Φ свободных колебаний подчиняется как
уравнению энергии

$$\Psi(t)i(t) + q(t)v(t) = 2W^\Phi,$$

так и уравнению Действия (энергия $\times$ время) в фазовом пространстве
($\Psi(q), q$) в виде

$$S^\Phi = \int \int d\Psi dq = \int \Psi(\dot{q}) dq, \quad \partial \mathcal{M} \cdot c$$

где q — координата ($A \cdot c$);

$\Psi(\dot{q})$ — динамический импульс ($B \cdot c$).

Это выражение интеграла Действия, в свое время использован-
ное Планком, можно обобщить и выразить Действие в форме вариации

$$\delta S^\Phi = \Psi \delta q. \quad (2)$$

Дифференцируя (2) по времени с учетом правил вариационного
исчисления, получим выражение приращения энергии

$$\frac{d\delta S^\Phi}{dt} = \Psi \delta \frac{dq}{dt} + \delta q \frac{d\Psi}{dt} = \Psi \delta \dot{q} + v \delta q, \quad (3)$$

т. е.

$$\delta W^\Phi = \frac{d(\Psi \delta q)}{dt} = \delta T_c^\Phi + \delta A^\Phi.$$

В соответствии с принципом наименьшего Действия Гамильтона,
интегрируя (3) по t в пределах от t_0 до t_1 при условии, что при

$$t = t_0; \quad t = t_1; \quad \delta q = 0, \quad (4)$$

а также учитывая, что по Максвеллу $v \delta q$ может быть „функцией сос-
тояния“, если внешние силы удовлетворяют условиям существования
потенциальной энергии, т. е. $\delta A^\Phi = -dU$, получим:

$$\int_{t_0}^{t_1} (\delta T_c^\Phi + \delta A^\Phi) dt = \delta \int_{t_0}^{t_1} (T_c^\Phi - U^\Phi) dt = \delta \int L^\Phi dt = 0,$$

где $L^\Phi = T_c^\Phi - U^\Phi$ — кинетический потенциал, т. е. лагранжиан.

Следовательно, в пространстве „ Φ “ $v \delta q$ выступает как приращение
потенциальной энергии, а $\Psi \delta \dot{q}$ — как приращение кинетической энергии.

Пространство „ Q “. Относительная электроиндукционная подоб-
ласть энергообмена „ Q^{**} “ описывается уравнениями автора, приведен-
ными в (2.9), в соответствии с измеряемыми параметрами $I(t')$; $v(t')$;
 $\bar{r}(t')$, $t' = f(t')$.

* Максвелл при $T = T_c + T_m + T_{cm}$ это пространство не рассматривал.

Пространство „ Q^* “ рассматривается как обобщенное относительное пространство переменных (сопряженное пространству „ Φ^* “), в котором координатой является „магнитный заряд“ „ $\dot{\varphi}^*$ “, обобщенной скоростью — производная от „магнитных зарядов“, т. е. напряжение $V = \frac{d\varphi}{dt}$, кинетической энергией $T^Q = f(V_1, V_f)$ — как функция от квадратов и произведений обобщенных скоростей с коэффициентами, зависящими от геометрических координат в виде

$$T^Q = \frac{1}{2} C_{\xi'}^1 V_1^2 + \frac{1}{2} C_{\xi'}^f V_f^2 + N_{\xi'}^1 V_1 V_f \quad (5)$$

где g' — геометрические координаты;

V_1 — напряжение в LC — контуре;

V_f — напряжение возбужденной системы;

$C_{\xi'}^1$; $C_{\xi'}^f$; $N_{\xi'}^1$ — емкости, зависящие от геометрических координат.

Из (5) следует, что мы в пространстве „ Q^* “ пренебрегаем *внешними* магнитными полями, как полями, *не вызывающими энергообмен*.

В этом втором, сопряженном первому обобщенном пространстве динамический импульс определяется как электрическое потокосцепление емкостной „само — и взаимной индукции“:

$$Q_1 = \frac{\partial T^Q}{\partial \dot{\varphi}_1} = C_{\xi'}^1 V_1 + N_{\xi'}^1 V_f \quad V_1 = \frac{d\varphi_1}{dt'}$$

$$Q_f = \frac{\partial T^Q}{\partial \dot{\varphi}_f} = C_{\xi'}^f V_f + N_{\xi'}^1 V_1 \quad V_f = \frac{d\varphi_f}{dt'}$$

Соответственно обобщенные МДС:

$$M_1 = - \frac{dQ_1}{dt'}; \quad M_f = - \frac{dQ_f}{dt'}$$

Обобщенная сила M должна совершать работу $\delta A^Q = M \delta \varphi$ по „передвижению“ „магнитных зарядов“ вдоль контура оси мощности магнитных сил:

$$M = \oint \bar{H}^* \cdot d\bar{l}.$$

Магнитодвижущую силу или вернее „токодвижущую“ силу $M(A)$ определяем как интеграл вектора напряженности магнитного поля по геометрическому контуру, охватывающему электрический поток:

$$M = \oint \bar{H}^* \cdot d\bar{l} = - \frac{d}{dt} \int \bar{D}^* \cdot d\bar{s}.$$

По методу Максвелла (1 § 499) МДС не зависит от природы, свойств и структуры магнитных проводников, в которых эта обобщенная сила возникает.

Возбужденная электрическим потокоцеплением свободная энергия в LC -контуре подчиняется как уравнению энергии W_0^Q :

$$2W_0^Q = Q(t')V(t') + I(t')\dot{\psi}(t'),$$

так и уравнению Действия (энергия $\times$ время) в фазовом пространстве в виде

$$S^Q = \int \int dQ d\psi = \int Q(\dot{\psi}) d(\psi),$$

где ψ — координата, $(B \cdot c)$,

$Q(\dot{\psi})$ — динамический „магнитоэлектрический импульс“ — электрическое потокоцепление.

Обобщая этот принцип в форме вариации элементарного Действия в фазовом пространстве переменных (Q, ψ) , имеем:

$$\delta S^Q = Q \delta \psi,$$

где $\delta \psi$ — приращение „магнитного заряда“.

Дифференцируя δS^Q по времени, имеем выражение

$$\frac{d\delta S^Q}{dt'} = \frac{d(Q\delta\psi)}{dt'} = Q \frac{d\delta\psi}{dt'} + \delta\psi \frac{dQ}{dt'} = Q\delta V + I\delta\dot{\psi}, \quad (6)$$

$$\delta W^Q = \frac{d}{dt'} (Q\delta\psi) = \delta T_e^Q + \delta A^Q.$$

Интегрируя аналогично (4) в системе отсчета $(\bar{r}', t')$, имеем:

$$\int_{t_0}^{t_1} (\delta T_e^Q + \delta A^Q) dt' = 0.$$

$$\text{Если } \delta A^Q = -dU^Q, \text{ то } \delta \int_{t_0}^{t_1} (T_e^Q - U^Q) dt' = 0 \text{ и } \delta \oint L^Q dt' = 0,$$

где $L^Q = (T_e^Q - U^Q)$ — электрокинетический потенциал, т. е. лагранжиан для второй подобласти энергообмена.

Следовательно, в пространстве „ Q^* “ $I\delta\dot{\psi}$ выступает как приращение потенциальной энергии, а $Q\delta V$ — как приращение кинетической энергии.

Таким образом, из (5) и (6) следует, что выражение приращения энергии, полученное с помощью принципа Действия в системах „ Q^* “ и „ Φ^* “, имеет различный вид:

$$\delta W^* \approx W\delta t + v\delta q;$$

$$\delta W^Q = Q\delta V + I\delta\dot{\psi}.$$

Очевидно, что в общем случае $Q\dot{V} + v\dot{q}$ и $\Psi\dot{t} + B\dot{\varphi}$.

Из (3) и (6) непосредственно следует выражение механической силы f_e , действующей на массовую частицу m_e , несущую монополярный заряд „e“ электрона (по Лоренцу) и силы f_g , действующей на массовую частицу m_g , несущую монополярный заряд „g“ (по Дираку) вдоль координаты $\bar{x}$ в форме

$$f_x^e = m_e \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial W^e}{\partial x} = e \frac{\partial V}{\partial x} + I \frac{\partial \varphi}{\partial x} = e(\bar{E} + [\bar{v} \times \bar{B}])_x$$

при $I = \bar{j} \cdot \bar{s} = Ne\bar{v} \cdot \bar{s}$

$$f_x^g = m_g \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial W^g}{\partial x} = g \frac{\partial i}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial x} = g(\bar{H} + [\bar{v} \times \bar{D}])_x.$$

Существенное различие принципов энергообмена в пространствах „Q“ и „Ф“ особенно ярко проявляется в том случае, когда коэффициенты $L^g, M^g, C^{g'}, N^{g'}$, зависящие от геометрических координат, входящие в выражение кинетической энергии, отражают преобразование механической энергии в электромагнитную, или имеет место ваттное излучение или поглощение электроэнергии.

В первом пространстве при $d\bar{g} = \bar{v}dt$ или $d\bar{g} = \bar{\omega}dt$, где $\bar{\omega}(t)$ — угловые скорости (1/c), $\bar{v}$ (u/c) — линейные скорости, коэффициенты L^g, M^g отражают пространственное изменение коэффициентов самоиндукции и взаимной индукции магнитных потокоцеплений и соответствуют магнитоиндукционным электрическим машинам и аппаратам, в которых механические процессы движения обусловлены изменением магнитных потоков (2).

Во втором пространстве при $d\bar{g}' = \bar{v}'dt$ или $d\bar{g}' = \bar{\omega}'dt'$ коэффициенты $C^{g'}, N^{g'}$ отражают изменение емкостной „самоиндукции“ и емкостной „взаимной индукции“ электрических потокоцеплений в зоне диполя емкости и соответствуют электроиндукционным электрическим машинам и аппаратам, в которых механические процессы обусловлены изменением электрических потокоцеплений. В технике иногда уравнение $\mathcal{E} = -\frac{d\Psi}{dt}$ определяют как уравнение „индукционных ге-

нераторов напряжений“, а уравнение $M = -\frac{dQ}{dt}$ — уравнение „индукционных емкостных генераторов тока“.

В том случае, когда осциллятор, взаимодействуя с внешними источниками, излучает или поглощает электромагнитную энергию, система становится неконсервативной, подчиняясь, однако, общим законам сохранения энергии и динамических импульсов. Этот процесс энергообмена соответствует электромагнитной подобласти (QФ), когда энергетические процессы осуществляются единым электромагнитным полем с участием как магнитного, так и электрического потокоцеплений, что описано в работе (3), включая резонансные явления.

Таким образом, анализ электродинамики движущихся тел в LC -контуре с помощью двух сопряженных обобщенных пространств показывает, что имеются две независимые системы дифференциальных уравнений макроскопической электродинамики, которые можно использовать для решения различных задач общей электромеханики и электродинамики.

Эти системы представляются в следующем виде:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\psi}{dt}, \quad i = +\frac{dq}{dt}, \quad F_g^e = \frac{\partial T_e^e}{\partial g} \quad (7)$$

$$\mathcal{M} = -\frac{dQ}{dt'}, \quad l = +\frac{dV}{dt'}, \quad F_g^Q = \frac{\partial T_e^Q}{\partial g'} \quad (8)$$

Анализ энергообмена в LC -контуре, который привел к уравнениям приращения энергии δW^e и δW^Q , позволяет составить соответствующие эквивалентные системы векторных интегральных уравнений на основе математической классификации физических величин Максвелла (⁴):

$$\delta W^e = \int_a^b \bar{B} \cdot d\bar{s} \cdot \delta \oint_a^b \bar{H} \cdot d\bar{l} + \int_a^b \bar{E} \cdot d\bar{l}_e \delta \int_a^b \bar{D} \cdot d\bar{s}_e,$$

$$\delta W^Q = \int_{a'}^{b'} \bar{D}^* \cdot d\bar{s}^* \cdot \delta \oint_{a'}^{b'} \bar{E}^* \cdot d\bar{l}^* + \int_{a'}^{b'} \bar{H}^* \cdot d\bar{l}_e^* \delta \int_{a'}^{b'} \bar{B}^* \cdot d\bar{s}_e^*.$$

Полагая $\bar{ds} \cdot d\bar{l} = \delta 0$, $\bar{ds}_e \cdot d\bar{l}_e = \delta 0_e$, $\bar{ds}^* \cdot d\bar{l}^* = \delta 0^*$, $d\bar{l}_e^* \cdot \bar{ds}_e^* = \delta 0_e^*$ и что $\delta 0 = \delta 0_e = \delta 0$, $\delta 0^* = \delta 0_e^* = \delta 0^*$, мы, с известным приближением, учитывая независимость операций „ δ “ и „ d “, можем выразить плотность энергии p^e , p^Q в виде

$$p^e = \frac{\delta W^e}{\delta 0} = \bar{B} \delta \bar{H} + \bar{E} \delta \bar{D}, \quad p^Q = \frac{\delta W^Q}{\delta 0^*} = \bar{D}^* \delta \bar{E}^* + \bar{H}^* \delta \bar{B}^*,$$

отражающие энергетические характеристики электромагнитного поля.

Отметим, что имея одинаковую размерность, векторы $\bar{E}$, $\bar{H}$, $\bar{B}$, $\bar{D}$ и $\bar{E}^*$, $\bar{H}^*$, $\bar{B}^*$, $\bar{D}^*$ принадлежат к различным обобщенным пространственно-временным континуумам, отражая различные свойства взаимодействия вещества и поля, подчиняясь в то же время каждый в своем пространстве закономерностям соответствующего энергообмена, а это приводит, как указано в работе (⁵) при использовании систем уравнений (7) и (8), описывающих различные явления электродинамики движущихся тел, к двум независимым системам дифференциальных уравнений электромагнитного поля без учета теории электронов и флюксоидов в двух системах отсчета $\bar{r}$, t и $\bar{r}'$, t' :

$$\begin{aligned}
\operatorname{rot} \bar{E} &= -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} - \operatorname{rot} [\bar{B} \times \bar{u}] & \operatorname{rot} \bar{H}^* &= -\frac{\partial \bar{K}}{\partial t'} - \operatorname{rot} [\bar{D}^* \times \bar{u}^*] \\
\operatorname{rot} \bar{H} &= \bar{j} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} & \operatorname{rot} \bar{E}^* &= \bar{x} + \frac{\partial \bar{B}^*}{\partial t^*} \\
\bar{j} &= \sigma_e \bar{E}; \quad \bar{B} = \operatorname{rot} \bar{A} & \bar{x} &= \sigma_m \bar{H}^*; \quad \bar{D}^* = \operatorname{rot} \bar{K} \\
\operatorname{div} \bar{D} &= \rho_e & \operatorname{div} \bar{B}^* &= \rho_m
\end{aligned}
\tag{9}$$

и как следствие:

$$\bar{E} = -\frac{\partial \bar{A}}{\partial t} - \operatorname{grad} \varphi_e - [\bar{B} \times \bar{u}]$$

$$\operatorname{div} \bar{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

и как следствие

$$\bar{H}^* = -\frac{\partial \bar{K}^*}{\partial t} - \operatorname{grad} \varphi_m - [\bar{D}^* \times \bar{u}^*]$$

$$\operatorname{div} \bar{x} + \frac{\partial \rho_m}{\partial t'} = 0.$$

При изложении теории цепей с точки зрения уравнений поля для решения различных задач электротехники и радиотехники для двух контуров в пространстве Φ , связанных магнитной взаимной индукцией и соответствующими ваттными потерями при зависимости вектора-потенциала магнитного поля $\bar{A}$ в каждой точке от тока в обоих контурах, как это изложено в (6), интегральные уравнения имеют следующий вид:

$$V^* = \oint \frac{\bar{j} \cdot d\bar{l}}{\sigma_e} + \frac{\partial}{\partial t} \oint \bar{A} \cdot d\bar{l} + \oint \operatorname{grad} \varphi_e^* \cdot d\bar{l} + \int [\bar{B} \times \bar{u}] \cdot d\bar{l}. \tag{11}$$

В случае двух контуров в пространстве Q^* , связанных электрической взаимной индукцией (емкостной) и соответствующими потерями, при наличии зависимости вектора-потенциала электрического поля $\bar{K}$ в каждой точке от напряжений в обоих контурах интегральное уравнение теории цепей для каждого контура можно представить в форме:

$$V^* = \oint \frac{\bar{x} \cdot d\bar{l}}{\sigma_m} + \frac{\partial}{\partial t'} \oint \bar{K} \cdot d\bar{l}^* + \oint \operatorname{grad} \varphi_m \cdot d\bar{l}^* + \int [\bar{D}^* \times \bar{u}^*] \cdot d\bar{l}^*. \tag{12}$$

В общем случае в уравнении (11) необходимо учитывать для $\bar{A}$ ток с запаздыванием $i_r(t) = i\left(t - \frac{r}{c}\right)$, а в уравнении (12) для $\bar{K}$ —

напряжение V с запаздыванием $V(t') = V\left(t' - \frac{r'}{c}\right)$.

Из этих уравнений следует, что использование двух векторов-потенциалов $\bar{A}$ и $\bar{K}$ в одном обобщенном пространстве переменных Лагранжа и в одной системе отсчета без учета пространственно-временного фазового сдвига является несовместимым, так как физически

интеграл $\oint \bar{A} d\bar{l}$ и интеграл $\oint \bar{K} d\bar{l}^*$ при $\bar{B} = \text{rot } \bar{A}$ и $\bar{D}^* = \text{rot } \bar{K}$ в этих уравнениях образуют двусвязное пространство в форме взаимно охватывающих друг друга вихревых потока, как два соседние звена цепи. В таком двусвязном пространстве теорема Стокса неприменима и, стало быть, прямой и обратный переход интегральных форм уравнений поля по контуру к ее дифференциальным формам в точке математически является непоследовательным.

Следует также отметить, что введенные Хэвисайдом так называемые дуальные (двойственные) уравнения Максвелла, которыми пользуются при различных расчетах не только в исследованиях радиотехнических явлений, но и плазменных, как это изложено *L. B.*

Felsen и *N. Marchvitz* в форме:

$$\text{rot } \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} - \bar{j}_m \quad \text{div } \bar{B} = \rho_m$$

$$\text{rot } \bar{H} = \bar{j} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} \quad \text{div } \bar{D} = \rho_e$$

является совершенно непоследовательным, тем более, что, как указывает Стреттон, при использовании этих уравнений в однородном пространстве необходимо их рассматривать как фиктивные, не имеющие реального физического существования (⁶, стр. 439).

Между тем системы уравнений (7) и (8) и соответственно (9) и (10) в двух независимых неоднородных обобщенных пространствах Φ^* и Q^* отражают в пределах классической электродинамики реальные закономерности физических явлений в соответствии с принципом Лагранжа—Гамильтона, удовлетворяя закономерностям энергообмена (⁹).

Таким образом, исследование энергетических явлений в идеальном LC -контуре с использованием принципов классической электродинамики показывает, что процессы энергообмена в электромагнитных осцилляторах являются неэквивалентными при преобразовании энергии с помощью магнитных или электрических полей. Эта неэквивалентность требует двух взаимно не связанных гамильтонианов и соответственно лагранжианов, действующих в разных относительных системах отсчета.

Эта неэквивалентность с неизбежностью требует введения двух пространств векторных функций электромагнитного поля—одного основного и второго инверсно-сопряженного.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт электромеханики

էլեկտրամագնիսական օսցիլյատորում (LC-կոնտուր) էներգութիւնաձեւան
հիմունքների մասին

Նշելով կլասիկ էլեկտրադինամիկայի հիմունքներից, հետադուրսում են
էներգետիկական հրեւոյթները իդեալական LC-կոնտուրում, ջույց է տրվում,
որ էներգիայի վերափոխման պրոցեսը մագնիսական կամ էլեկտրական դաշ-
տի միջոցով էլեկտրամագնիսական օսցիլյատորների մէջ ոչ սիմետրիկ է: Այդ
ոչսիմետրիկութիւնը պահանջում է օգտագործել երկու ոչ կապակցված հա-
միտոնյաններ և համապատասխանող լազրանթներ, որոնք պործում են եր-
կու հարաբերական տարբեր հաշվարկային սիստեմներում: Այդ անսիմետրի-
կութիւնը անխուսափելիորեն պահանջում է օգտագործել էլեկտրամագնիսա-
կան դաշտի երկու տարածական վեկտորային ֆունկցիաներ- մեկը՝ հիմնական
և երկրորդը՝ ինվերսիոն-համալուծ:

ЛИТЕРАТУРА — ЦИТИРУЕМЫЕ

- ¹ Д. К. Максвелл, Избранные сочинения по теории электромагнитного поля, ГИИТЛ, М., 1954. ² А. Г. Иосифьян, ДАН Арм. ССР, т. VII, № 3 (1947). ³ А. Г. Иосифьян, ДАН Арм. ССР, т. LIX, № 1 (1974), т. LV, № 2 (1972). ⁴ Д. К. Максвелл, Статьи и речи. Изд. «Наука», М., 1968. ⁵ А. Г. Иосифьян, ДАН Арм. ССР, т. LI, № 1 (1970). ⁶ С. Рамо, Д. Ж. Уиннери, Поля и волны в современной радиотехнике. ОГНЗ, М., 1948. ⁷ Л. Фелсен, М. Маркулиц, Излучение и рассеяние волн, т. I, «Наука», 1978. ⁸ Д. Ж. А. Стреттон, Теория электромагнетизма, ОГНЗ, 1948. ⁹ А. А. Бальчитис, Емкостная подобласть индукционных процессов преобразования потоков энергии. Изд. «Минтис», Вильнюс, 1973.

УДК 551.24

ТЕКТОНИКА

С. Н. Назаретян

Общие закономерности размещения глубинных разломов на территориях Армянской ССР и Нахичеванской АССР

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 15/VIII 1978)

Установлено, что в разных регионах земного шара глубинные разломы располагаются не произвольно, а укладываются в определенные системы, расчленяя земную кору на блоки (¹⁻⁴). Определенные закономерности размещения разломов наблюдаются и на территории Армянской ССР. По литературным данным глубинные разломы общекавказского простирания параллельны друг другу, при этом расстояние между ними одинаково и составляет 35—40 км (^{5,6}). Отдельными исследователями выделяются также меридиональные, субширотные и антикавказские разломы. Однако по этим данным составить полное представление о закономерностях их пространственного расположения затруднительно, так как разломная тектоника территории республики изучена неравномерно и отсутствует единая оценка разломов на основе новых геофизических данных. Покрытость большей части территории мощным покровом молодых образований и глубинный характер разломов требуют применение геофизических методов.

На основе аэромагнитных, гравиметрических и сейсмологических данных последних лет, а также учитывая опыт изучения разломно-блоковой тектоники Украинского щита и других регионов земного шара (¹⁻⁴) предлагается схема расположения глубинных разломов территорий Армянской ССР и Нахичеванской АССР (рис. 1,а). При выделении разломов особое внимание было уделено зонам больших градиентов гравитационного поля, границам магнитных зон и подзон, линиям, по которым резко нарушается структура аномальных полей (размеры, простирание, морфология аномалий), а также геометрической структуре сгущений эпицентров и др.

Следует отметить, что большинство из этих глубинных разломов или их отдельных фрагментов выделялось ранее как геологами, так и геофизиками (⁵⁻⁸). Одновременно некоторые разломы выделяются впервые (рис. 1,а). В целом представленная схема расположения разломов отличается от известных тем, что на ней глубинные разломы имеют

упорядоченное расположение. Выделяются четыре господствующих направления разломов: меридиональное (средний азимут простирания 0°); антикавказское (45°); широтное (90°) и общекавказское (135°), которые образуют две системы разломов. Одна из них представлена

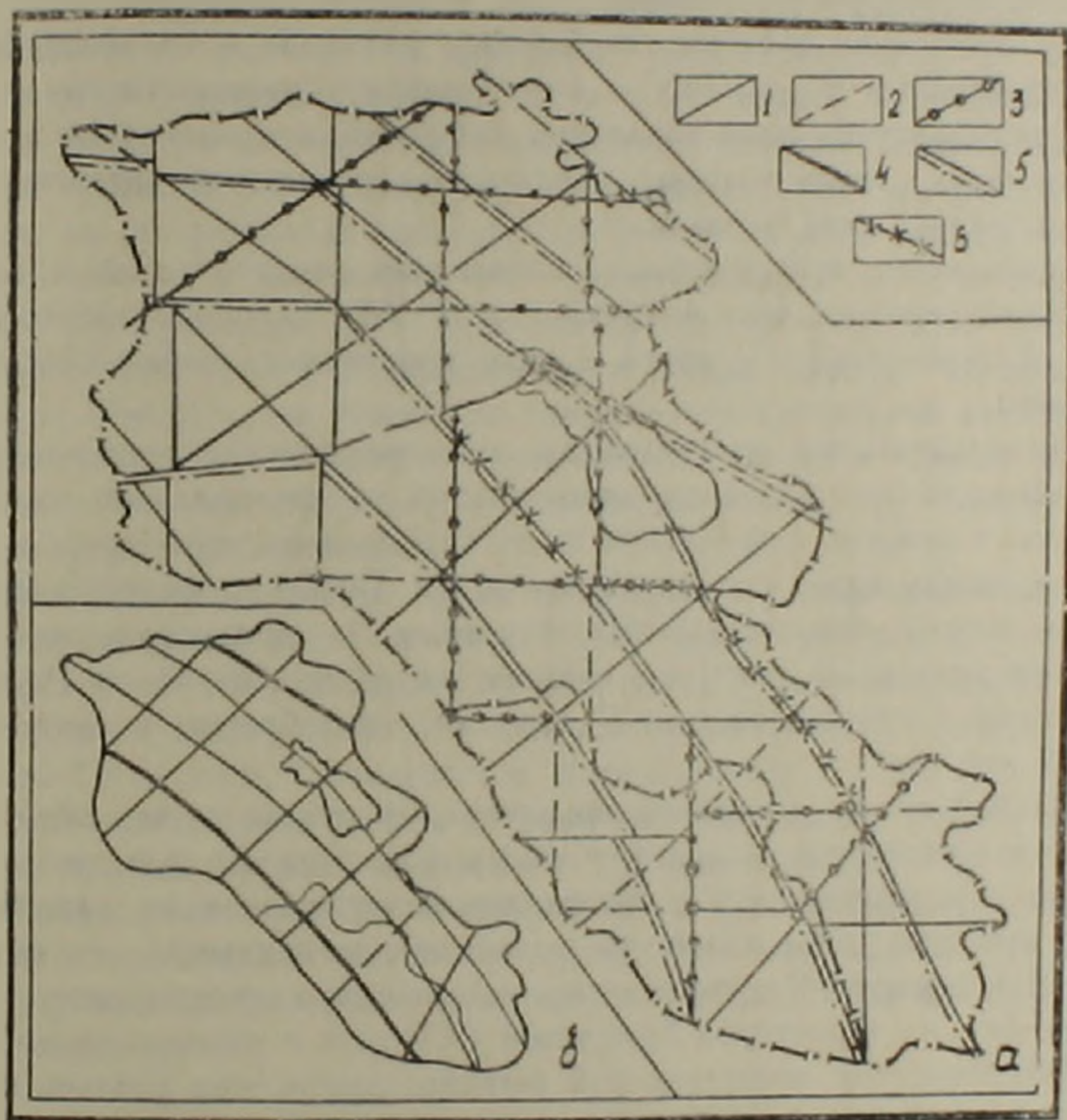


Рис. 1 Схема расположения глубоких разломов (а) и схема блоков, образованных разломами диагональной системы (б) на территориях Армянской ССР и Нахичеванской АССР по геофизическим данным. 1 — глубокие разломы; 2 — предполагаемые глубокие разломы; 3 — разломы, выделенные впервые; 4 — границы блоков первого порядка; 5 — разломы, интенсивно активизированные в альпийское время; 6 — разломы, проявившие вулканическую активность в неоген—четвертичное время

разломами антикавказского и общекавказского направлений, а другая — меридионального и широтного. Судя по литературным данным такие системы наблюдаются и в других регионах, которые соответственно называются диагональная (45° и 135°) и ортогональная (0° и 90°) системы разломов (1). Внутри каждой системы наблюдается выдержанность направлений разломов и их взаимная ортогональность.

По геолого-геофизическим данным наиболее четко прослеживаются разломы диагональной системы, а внутри системы—общекавказские глубинные разломы. В гравитационном и магнитном полях они проявляются неодинаково. В одних случаях прослеживаются в виде выдержанных по простиранию зон больших градиентов Δg и являются границами магнитных зон или подзон, в другом случае—в виде линии нарушения структуры этих полей.

Ортогональная система глубинных разломов в гравитационном поле проявляется по-разному: в виде коротких гравитационных ступеней, смены рисунка поля локальных аномалий, а в магнитном поле—в виде полос, вдоль которых наблюдается понижение интенсивности поля, а также в виде смены поля.

Установлена приуроченность эпицентров землетрясений к зонам глубинных разломов всех направлений (^{3,6,8,9}). Они по сейсмоактивности отличаются друг от друга, и вдоль простирания сильно дифференцированы.

Устанавливаются определенные закономерности в пространственном расположении разломов диагональной и ортогональной системы. Разломы в каждом направлении почти параллельны друг другу и расстояние между ними составляет 30—50 км. Особенно выдержано расстояние между общекавказскими, широтными и меридиональными глубинными разломами, которое в среднем составляет 30—35 км. Расстояние между антикавказскими разломами колеблется в интервале 40—55 км.

Исследователи докембрийских щитов (¹) отмечают, что общие закономерности расположения глубинных разломов (системность, выдержанность направлений и интервалов между разломами разных систем, взаимная ортогональность разломов), по-видимому, носят планетарный характер. Как было отмечено выше, эти закономерности наблюдаются и на территории Армянской ССР хотя с позиции традиционных геологических представлений регионы совершенно различны: докембрийский щит и альпийская геосинклиналь!

Разломы каждой системы образуют блоки земной коры (под блоками подразумевается формулировка в работе (¹), т. е. фрагменты земной коры, образованные пересечением разломов взаимно перпендикулярных направлений), и, так как на территории республики выделяются две системы разломов, то следовательно должны быть блоки двух систем. Наиболее четко прослеживаются блоки, образованные диагональной системой разломов (рис. 1,б). В региональном плане по уровню поля силы тяжести четко выделяются три блока первого порядка (мегаблоки). Северо-восточный и юго-западный мегаблоки характеризуются относительно повышенными значениями Δg , а центральный—пониженными. Характерная особенность мегаблоков является ограниченность их гравитационными ступенями. Внутри мегаблоков намечаются блоки второго порядка. Количество наиболее полных таких

блоков в пределах территорий Армянской ССР и Нахичеванской АССР составляет 25. Почти столько же блоков образуются глубинными разломами ортогональной системы.

Большой интерес представляет определение возраста образования глубинных разломов. В литературе имеются некоторые сведения о возрасте общекавказских и меридиональных разломов, согласно которым они заложены в нижней юре—неогене (¹⁰). Исходя из схемы расположения разломов и принципа унаследованности разломных структур (¹¹), можно отметить, что это не возраст заложения разломов, а время их активизации в альпийском периоде. Тектоно-магматические процессы, по которым определен возраст общекавказских разломов, на северо-западе республики протекали не в общекавказском направлении, а в широтном, что свидетельствует о существовании ранее подготовленной сети разломов, иначе признаки этих процессов на всей территории наблюдались бы в северо-западном направлении. Следует отметить, что изменение направления альпийской активизации всех общекавказских разломов происходит с одного и того же меридионального глубинного разлома, прослеживаемого по направлению г. Эчмиадзин—г. Степанаван.

В неоген-четвертичное время происходит вулканическая активизация в центральной части Армянской ССР, вдоль трех ранее существующих разломов. По указанному на рис. 1,а направлению, унаследованно формируется новый разлом, с зоной которого связаны вулканические центры Гегамского, Сюникского и Варденисского нагорий. По признакам активизации этот разлом впервые был выделен А. А. Габриеляном под названием Анкаван-Сюникского глубинного разлома (⁶).

Приведенные примеры показывают, что при последующих тектонических активизациях начинается проявление унаследованности ранее сформированных разломов. Этот вопрос тектоники заслуживает особого внимания.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

В. С. БАХУНИЦКИЙ

Հայկական ՍՍՀ և Նախիջևանի ԽՍՀ տարածքների
խորրային բեկվածքների տեղադրման քննադատ
ստիմուլատորություններ

Գեոֆիզիկական տվյալների հիման վրա առաջարկվում է Հայկական ՍՍՀ և Նախիջևանի ԽՍՀ տարածքների խորրային բեկվածքների տեղադրման նոր սխեմա, որի վրա առանձնացվում են կովկասյան, հակակովկասյան, լայնակի և երկայնակի ուղղություների բեկվածքները Այդ բեկվածքները ունեն որո-

շակի օրինաչափ բաշխում: Այսպես, նույն ուղղության խորքային բեկվածք-
ները մոտավորապես պուրահենո են միմյանց և դտնվում են իրարից նույն
հեռավորությունների վրա: Հայնակի և Երկայնակի, Կովկասյան և հակակով-
կասյան ուղղությունների բեկվածքները ուղղահայաց են միմյանց և համա-
պատասխանաբար կազմում են խորքային բեկվածքների օրթոգոնալ և ան-
կուենադժային սխեմաներ: Նշված օրինաչափությունները նկատվում են նաև
Երկրադնդի այլ մասերում և հավանաբար ունեն մոլորակային բնույթ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Изучение тектоники докембрия геолого-геофизическими методами, изд. „Нед-
ра“, М., 1972. ² Г. Д. Аджурей, „Известия АН СССР“, сер. геол., № 3, 1967. ³ E.
S. Hills, Press. Addr. Sect. C. Aust and Assoc. Adv. Sci., Perth, 1947. ⁴ Е. М. Лазько,
„Советская геология“, № 11, 1966. ⁵ А. Т. Асланян, Региональная геология Армении,
изд. „Айпетрат“, Ереван, 1958. ⁶ А. А. Габриелян, „Известия АН Арм. ССР“,
серия науки о Земле, т. XXVII, № 4, (1974). ⁷ О. А. Саркисян, Н. К. Волчанская,
„Известия АН Арм. ССР“, серия науки о Земле, т. XXVI, № 4 (1973). ⁸ С. Н. Назар-
ян, С. С. Казарян, „Известия АН Арм. ССР“, серия науки о Земле, т. XXIX,
№ 4 (1976). ⁹ Геология Армянской ССР, т. X, изд. АН Арм. ССР, 1972. ¹⁰ Тектониче-
ская карта Кавказа (М 1:1000000), МТК, М., 1974. ¹¹ К. Ф. Тяпкин, Геофизический
сборник АН УССР, вып. 79, 1977.

УДК 2.23.11.1

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Академик АН Армянской ССР В. О. Казарян, Ж. М. Акопова

О влиянии витаминов и гиббереллина на образование хлорофилла, активность фотосинтеза и продолжительность жизни изолированных листьев

(Представлено 10/IX 1978)

Установление метаболической роли корневой системы и зависимость общего уровня физиологической активности надземных метамеров от качества и количества корневых метаболитов (^{1,2}) выдвигают на первый план значение обмена веществ между корнями и листьями в процессах роста, развития и старения растений (^{3,4}). В этом аспекте задача исследователей заключается в расшифровке активных веществ, синтезирующихся в корнях, а также в установлении характера влияния этих соединений на жизнедеятельность надземных органов как в отдельности, так и в их комбинациях.

Среди разнообразных метаболитов корневого происхождения представлены витамины (⁵⁻⁷), а также некоторые вещества гормональной природы (^{8,9}). Если относительно роли гормонов в регуляции роста и жизнедеятельности мы располагаем более или менее обстоятельными данными, то в отношении витаминов наши знания недостаточны, в частности, по их влиянию на фотосинтез.

Для исследования роли некоторых витаминов и гибберелловой кислоты (ГК), как компонентов пасоки, в образовании хлорофилла и активации фотосинтеза нами проводились некоторые эксперименты с изолированными листьями. В качестве объектов были взяты одновозрастные и одноярусные листья томата (сорт «Ереван-14») и кукурузы (сорт «Картули круги»), энергично реагирующие на воздействие корневых метаболитов (¹⁰). Определение содержания хлорофилла и прочности его связи с липопротеидным комплексом (ЛК) проводили по Осиповой (¹¹), активность фотосинтеза — прибором Чатского и Славики (¹²).

В 10 часов утра у вегетирующих растений срезали листья и черешками на час погружали в дистиллированную воду для устранения водного дефицита, затем переносили в следующие растворы: 1) дистиллированная вода (контроль); 2) 0,02%-ный раствор витамина С;

3) 0,01 %-ный раствор витамина РР; 4) 0,005 %-ный раствор витамина В₁, 5) 0,005 %-ный раствор витамина В₂, 6) 0,005 %-ный раствор гиббереллина (ГК). После 3 часовой выдержки листьев в растворах определяли содержание хлорофилла и прочность его связи с ЛК (рис. 1).

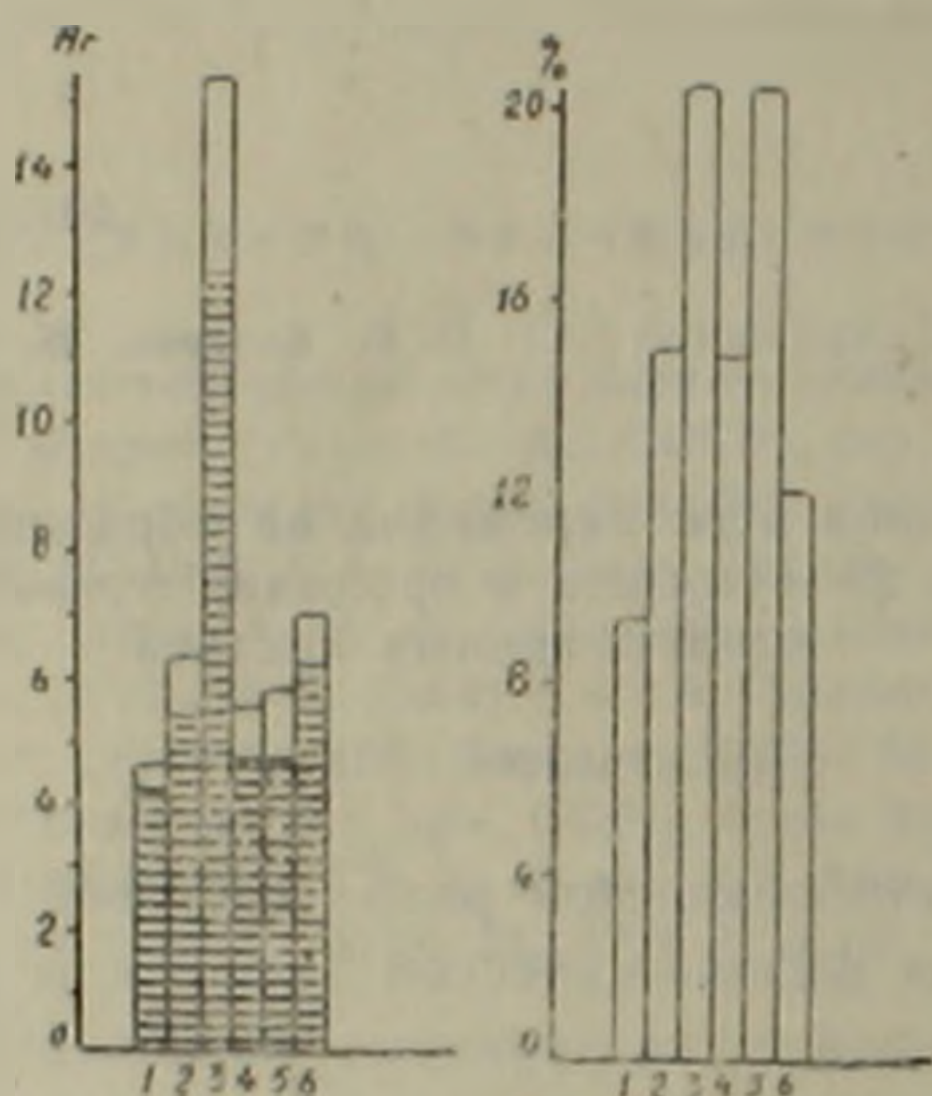


Рис. 1. Влияние витаминов и ГК на содержание различных форм хлорофилла (мг/г сухого вещества) и процент содержания слабосвязанного с липопротеидным комплексом листа хлорофилла от общего в изолированных листьях вегетирующего томата. Без штриховки—слабосвязанный; заштрихован—прочносвязанный. 1—контроль; 2—витамин С; 3—витамин РР; 4—витамин В₁; 5—витамин В₂; 6—ГК

Как следует из приведенной диаграммы, все примененные растворы способствуют интенсификации синтеза слабосвязанного с ЛК хлорофилла, при этом витамин РР—в 7,4 раза больше по сравнению с контролем. Последний также стимулирует образование прочносвязанного с ЛК хлорофилла (в 3,3 раза), тогда как другие не вызывают столь больших изменений в содержании этой формы хлорофилла. Активация процесса образования слабосвязанного с ЛК хлорофилла под воздействием витаминов и ГК свидетельствует не только об интенсивном синтезе хлорофилла, но и об энергичном обновлении его молекул.

Учитывая, что по фазам развития процессы жизнедеятельности листьев интенсифицируются в различной степени (^{13,14}), мы в следующем опыте, проведенном с кукурузой, взяли листья из вегетирующих и метелкообразующих растений для выявления разницы в их реакции на влияние испытываемых соединений (рис. 2).

Как и в предыдущем опыте, в этом случае также выявлено положительное влияние всех опробуемых физиологически активных сос-

динений на синтез форм хлорофилла, в большей степени слабосвязанной с ЛК листа. Кроме того, выяснилось, что у листьев метелкообразующих индивидов этот процесс ослабляется. Дело в том, что генеративное развитие всегда приводит к заметному распаду хлорофил-

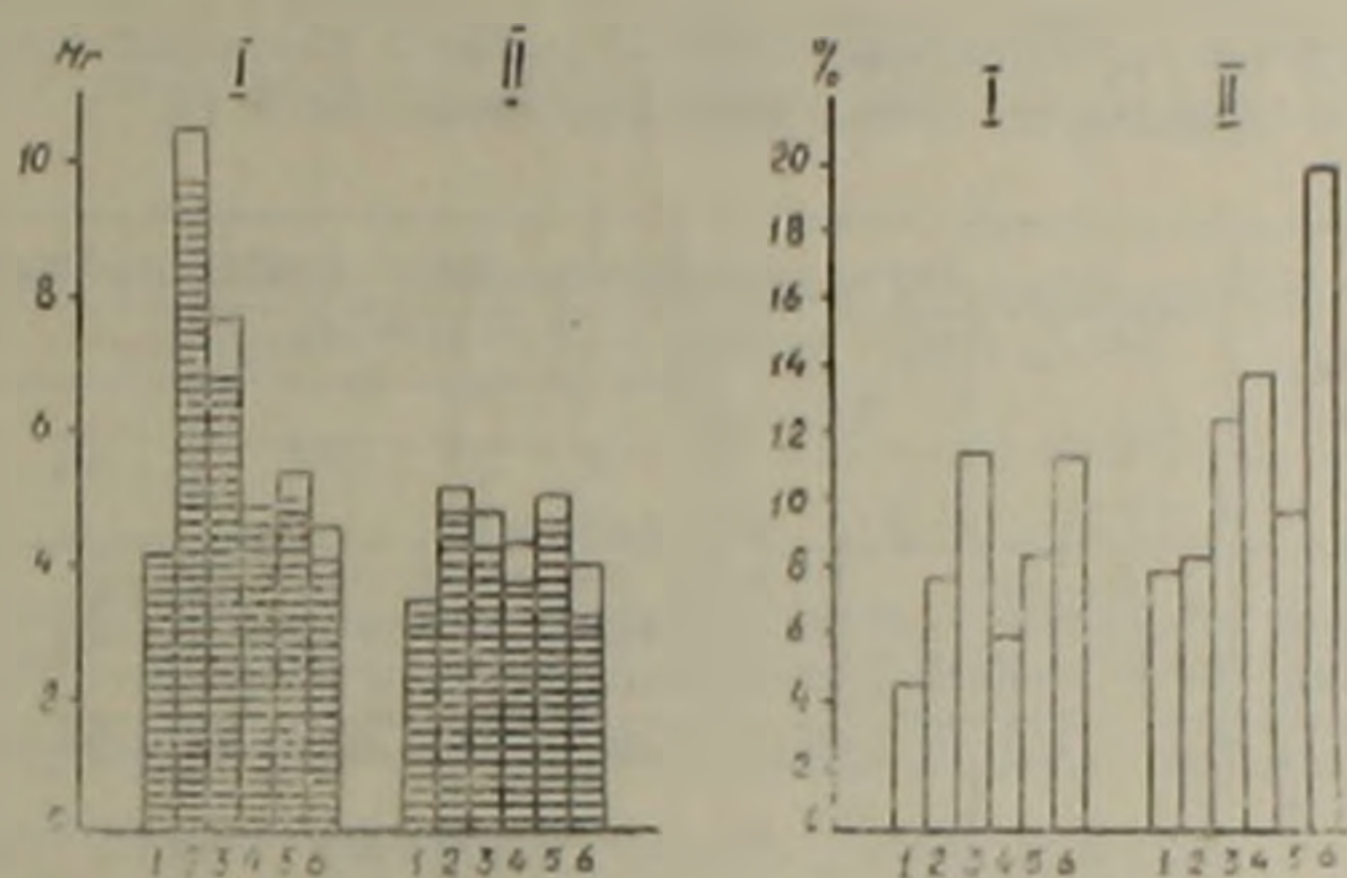


Рис. 2. Влияние витаминов и ГК на содержание хлорофилла (мг/г сухого вещества) и процент слабосвязанного с липопротеидным комплексом листа хлорофилла от общего в изолированных листьях кукурузы. I—фаза вегетации; II—фаза метелкования. Остальные обозначения те же, что на рис. 1

ла, в связи с чем листья под влиянием витаминов и ГК хотя и усиливают образование хлорофилла, но гораздо слабее, чем листья вегетирующих растений. Новообразование у листьев растений с метелками идет, в основном, за счет слабосвязанного с ЛК хлорофилла.

Обнаружена индивидуальная реакция листьев растений различной онтогенетической продвинутой на воздействие отдельных физиологически активных веществ. Так, влияние витаминов РР и С на синтез хлорофилла было активнее остальных соединений на листья вегетирующих растений. Эти витамины увеличивали общее содержание хлорофилла соответственно в 1,9 и 2,6 раз, тогда как остальные вещества приводят к увеличению в среднем только в 1,2 раза. Относительно влияния витаминов В₁, В₂ и ГК были получены более повышенные показатели в генеративной фазе.

Применяемые нами физиологически активные вещества, усиливая синтез хлорофилла, одновременно интенсифицируют фотосинтез (табл. I), но в различной степени, а также в зависимости от фазы развития растений, с которых взяты листья.

Максимальное повышение фотосинтеза, как показывают приведенные цифры, происходит под действием витаминов В₂ и С у листьев, взятых от цветущих растений томата. Если же учесть специфику влияния витаминов на фотосинтез листьев по фазам опытных растений, то в от-

пошении томата наибольшая активация этого процесса отмечается в фазе вегетации при участии никотинамида, а с наступлением генеративной фазы—витаминов В₂ и С. У кукурузы витамины В₁ и В₂ усиливают поглощение двуокиси углерода уже в вегетативной фазе и еще

Таблица 1

Активация фотосинтеза изолированных листьев растений различной онтогенетической продвинутой, под действием витаминов и ГК

Объекты	Фаза развития	Активность фотосинтеза $\mu\text{g}/\text{CO}_2/\text{d}\text{m}^2/\text{час}$					
		Вода	ГК	Витамины			
				С	РР	В ₁	В ₂
Томат	Вегетация	7.9±0.68	12.6±0.77	12.2±0.51	16.1±1.21	12.2±0.27	11.2±0.56
	Цветение	10.2±0.40	15.3±0.40	23.2±1.46	17.8±0.51	16.8±0.81	21.2±1.69
Кукуруза	Вегетация	6.9±0.63	18.4±1.25	13.9±1.87	14.0±1.53	16.2±1.50	15.7±2.20
	Метелкование	9.2±0.96	20.6±1.31	15.9±0.49	14.0±1.85	18.7±0.85	17.8±0.69

больше при цветении. Положительное влияние витамина РР на фотосинтез этой культуры наиболее заметно проявляется в фазе вегетации. Видимо, это следует связать с синтетической активностью растений в целом в отношении указанных витаминов. В отношении ГК отмечается более повышенная активация фотосинтеза у кукурузы, чем у томата.

Изложенные выше данные показывают, что подобие кининам, поступающим из корней и способствующим синтезу белков и хлорофилла, в листьях, витамины и ГК в качестве метаболитов корневого обмена играют такую же роль у опытных листьев.

Интенсификация жизнедеятельности изолированных листьев под влиянием испытанных нами физиологически активных соединений косвенно свидетельствует о том, что они могут оказать положительное влияние и на укоренение, а также на продолжительность их жизни. Для выявления предполагаемой зависимости листья подсолнечника и томата на 3 часа черешками погружали в растворы витаминов и гиббереллина, а затем переносили в водопроводную воду. Контрольные листья обрабатывали водой.

Полученные данные (табл. 2) показывают, что витамины и ГК оказывают неодинаковое влияние на укоренение и продолжительность жизни опытных листьев. Кроме того отмечено, что листья подсолнечника, получившие витамины В₁ и В₂, сохраняли зеленую окраску дольше контрольных, но укоренялись на два дня позже. Как у контрольных экземпляров, так и при даче тиамин и рибофлавин формирующаяся корневая система была маломощной, а листовые черенки отмерли на 28-ой день, хотя листовые пластинки к этому времени только начинали желтеть. Более сильное воздействие оказывали витамины С и РР. В этом случае укоренение осуществлялось энергичнее, корни оказались мощными, листья сохраняли зеленую окраску более длительное время.

В результате продолжительность жизни таких листьев увеличилась по сравнению с контролем, соответственно, на 22 и 42 дня. Таким образом, в фазе вегетативного роста аскорбиновая кислота и никотинамид оказали значительное влияние на жизнедеятельность изолированных листьев.

Под влиянием ГК листья подсолнечника хотя и сохраняли зеленую окраску на 7 дней дольше контрольных, однако не укоренялись и отми-

Т а б л и ц а 2

Влияние витаминов и ГК на укоренение и продолжительность жизни
изолированных листьев (опыт 5/VII)

Растение	Фаза раз- вития	Физиологически активные, веще- ства даваемые листьям	Дата появления корней	Продолжитель- ность жизни листьев (дни)
Подсол- нечник	Вегетация	Вода	18/VII	23
		Витамин С	20/VII	45
		Витамин РР	12/VII	65
		Витамин В ₁	20/VII	28
		Витамин В ₂	20/VII	28
		ГК	—	18
Томат	Бутонизация	Вода	12/VII	65
		Витамин С	10/IX	130
		Витамин Рр	18 VII	45
		Витамин В ₁	10/VII	134
		Витамин В ₂	12/VII	130
		ГК	20 VIII	79

рали на 5 дней раньше. ГК способствовала образованию каллюса на черешках листьев томата. Спустя 45 дней появлялись корни и начавшие желтеть листья вновь зазеленели. В итоге жизнь таких листьев продлилась относительно контроля на 14 дней.

Таким образом, примененные физиологически активные вещества, в основном, содействовали повышению выживаемости листьев, хотя значительное удлинение жизнедеятельности последних было связано с укоренением. Если испытываемые соединения способствовали энергичному укоренению листьев, то в результате длительность их жизни увеличивалась вдвое и более, хотя тут заметно значение видовых отличий растений, с которых были взяты листья.

Этот краткий анализ полученных результатов показывает, что применяемые нами физиологически активные вещества, являющиеся компонентами корневых метаболитов, оказывают существенное влияние на жизнедеятельность изолированных листьев. Слабая концентрация усиливает синтез хлорофилла главным образом слабосвязанной с липопротеидным комплексом формы и интенсифицирует фотосинтез, способствуя укоренению и продлению жизни листьев. При этом констатировано более заметное влияние этих веществ на синтез хлорофилла у изоли-

рованных листьев вегетирующих растений, но более слабое—на фотосинтез листьев, взятых у цветущих растений, в связи с тем, что этот процесс активизируется с наступлением генеративной фазы.

Ботанический институт
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ժ. Մ. ԱԿՈՊՈՎԱ

Մեկուսացված տերևների ֆլորոֆիլի կազմավորման,
ֆոտոսինթեզի ակտիվության և կյանքի տևողության վրա
վիտամինների և հիբերելինի ազդեցության մասին

Հոլիկի և արևածաղկի կտրված տերևները կոթուններով 0,02% վիտամին C, 0,01% վիտամին P, 0,005% վիտամին B₁, 0,005% վիտամին B₂ և 0,005% հիբերելինի լուծույթում 3 ժամ մնալուց հետո, ենթարկվել են անալիզների: Որոշված է քլորոֆիլի քանակը և նրա կապի ամրությունը տերևի լիպոպրոտեիդային կոմպլեքսի հետ, ֆոտոսինթեզի ակտիվությունը, արմատակալման և կյանքի տևողությունը: Որպես ստուգիչ վերցվել են նույնանման տերևներ և կոթուններով 3 ժամ խորասուզել թորած ջրի մեջ:

Հաստատված է, որ օգտագործված ֆիզիոլոգիական ակտիվ նյութերը, որոնք հանդիսանում են արմատների նյութափոխանակության արգասիքներ, ղգալի չափով ազդում են մեկուսացված տերևների կենսագործունեության վրա՝ ուժեղացնում են քլորոֆիլի սինթեզը, ինտենսիվացնում են ֆոտոսինթեզը, նպաստում են արմատակալմանը և կյանքի երկարեցմանը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ В. О. Казарян, Кн. Общие закономерности роста и развития растений, Изд. «Минтис», Вильнюс, 1965. ² В. О. Казарян, В. А. Давтян, Физиология растений, т. 14, вып. 5 (1967). ³ В. О. Казарян, ДАН АрмССР, т. 41, № 2 (1965). ⁴ В. О. Казарян, Старение высших растений, Изд. «Наука», 1969. ⁵ Н. Г. Потанов и Д. Фейер, Вест Моск. ун-та, 12, 127 (1955). ⁶ А. М. Смирнов, К. Е. Овчаров, Физиология растений, 7, 240 (1967). ⁷ A. Treatls, Plant physiology, London, 3-224, 1969. ⁸ Л. А. Сабинин, IX, Тим. чт. Изд. АН СССР, 1949. ⁹ Трин Суан-ву, Н. Г. Потанов, Хань Би-Вэнь, Сб. Роль минеральных элементов в обмене веществ, изд. Наука, М., 1964. ¹⁰ В. О. Казарян Ж. М. Ахопья, Сб. Онтогенез высших растений, Тр. Бот. ин-та, 1972. ¹¹ О. Ошлова ДАН СССР, т. 57, 8 (1947). ¹² И. Четский и Б. Славик, Biologia Plant, 2 (2), 1960. ¹³ В. М. Котунский, Известия АН СССР, сер. биол., №1, 1939. ¹⁴ О. В. Казарян, Физиологические основы онтогенеза растений, Изд. АН АрмССР, Ереван, 1959.

УДК 595.766.16

ЭНТОМОЛОГИЯ

С. М. Яблоков-Хинзориан

Новый вид жесткокрылых — малашек из Армянской ССР

(Coleoptera, Dasytidae)

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Э. А. Давтяном 8/VI 1978)

Trichoceble araratca Iablokoff—Khinzorian sp. nov.

Армянская ССР: Ехегнадзор, у берега Арпы, 20/VII 1950, голотип, самец, хранится в коллекциях института Зоологии АН Армянской ССР.

Голова и переднеспинка черные, верхняя губа, щеки и наличник желтые, надкрылья буровато-желтые, с зачерненной точечностью, низ черный, волосистость светлая, конечности желтые, усики затемнены от 4-го членика. Длина 4,5 мм. Рис. 1, а.

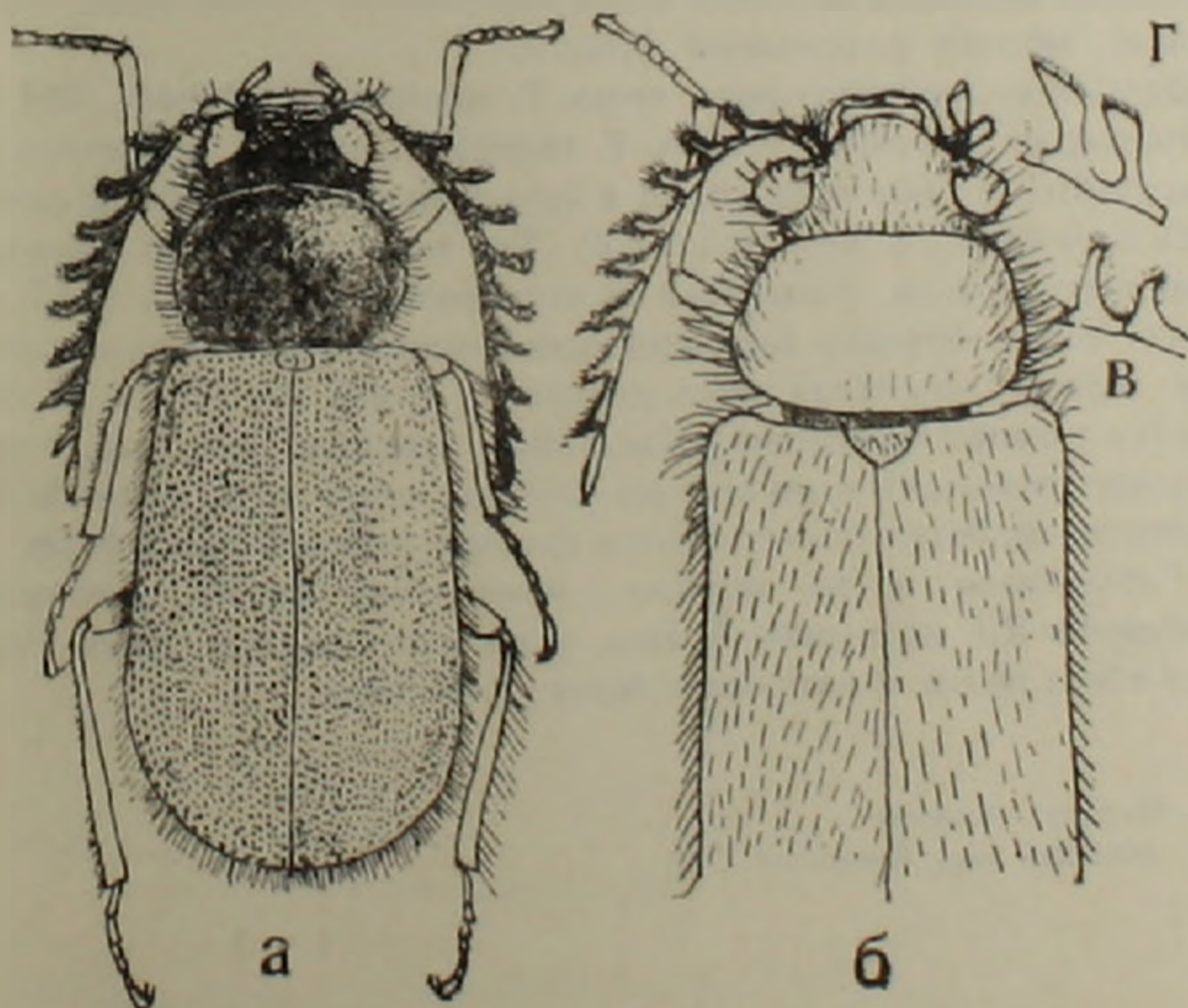


Рис. 1. а—*Trichoceble araratca* Khnz. sp. nov., рабнтыс; б—*T. ramicornis* Schilsky, голотип, ♂; г—д—усиковые членики 3—4. а—*T. araratca*; д—*T. ramicornis*

Глаза волосистые (родовой признак), довольно крупно фасеточные, с вырезкой за местом прикрепления усиков. Лоб выпуклый, мелкоморщинистый и поверхностно точечный на нежно шагренированном фоне, покрыт длинными, отвесно торчащими волосками. Виски короткие, длинными торчащими щетниками, зубцеобразно обособлены от глаз. Верхняя губа почти голая, более чем вдвое шире длины, четырехугольная, с длинной основной перепонкой. Последний членник челюстных щупиков узкий, у вершины скошенный. Усики 4 члениками заходят за плечи, их членики 3—10 с густоволосистыми отростками, отростки 3-го и 4-го члеников отогнуты крючком (рис. 1, в), на члениках 5—7 они имеют вид изогнутой палочки, на члениках 8—10 они кончаются шишпообразно, длина отростков повышается до 6-го членика, затем убывает.

Переднеспинка поперечная, впереди сужена немного больше, чем сзади, с прямолинейным передним и задним краем, с широко закругленными углами, боковой край широко закруглен, мелко зазубрен по всей длине. Диск матовый, в такой же скульптуре и волосистости, как лоб, вдоль середины со следом гладкой полоски. Щиток желтый, поперечно овальный. Надкрылья в 1,6 раза длиннее общей ширины, покрыты густыми однородными вдавленными точками и косо торчащей, довольно длинной волосистостью на гладком фоне, точки отстоят в среднем на диаметр, местами сближены, с несколькими мелкими точками, разбросанными беспорядочно, контур переднеспинки и надкрылий с бахромой из длинных торчащих щетинок. Ноги, как обычно у этого рода, узкие и длинные, коготки с основным зубцом.

От всех прочих видов рода, кроме *T. gamicornis* Schilsky, 1900, легко отличается строением усиков. *T. gamicornis* описан с Александровского хребта, его оба типа, самец и самка, были нам любезно присланы из Берлина В. Улигом (рис. 1, б). Его тело одноцветно черное, переднеспинка сильно расширена за серединой, надкрылья в 1,7 раза длиннее общей ширины, все конечности черные, местами слегка осветлены, волосистость верха очень длинная. Длина 5—5,5 мм. У самца отростки усиков своеобразно расширены к вершине (рис. 1, г), у самок они узкие, длинные и относительно длиннее, чем у нашего нового вида, у которого вероятно также имеется сходный половой диморфизм.

Габитуально и по окраске новый вид также напоминает *T. fulvopilis* Rtt. из долины Аракса, у которого, однако, усики пальчатые у обоих полов, а надкрылья более удлинённые.

Институт зоологии
Академии наук Арийской ССР

Դադիաթիդ բզեզների նոր տեսակ Հայկական ՍՍՀ-ից

(Coleoptera, Dasytidae)

Նկարագրվում է բզեզի նոր տեսակ—Dasytidae ընտանիքից Եղեգնա-
ձորից՝ Trichoceble araratlica Khnz.։ Այս տեսակը մոտ է միջինասիական
T. ramicornis Schilsky տեսակին, տարբերվում են միմյանցից իրենց բեղիկների
լուրսհատկու թվամբով։

УДК 615.224.547.434.2.015.42:612.173.1.015.11

ФАРМАКОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР С. А. Мирзоян,

член-корреспондент АН Армянской ССР С. Г. Мовсисян,

Р. С. Бекян

Влияние эуфиллина на механизмы образования и устранения аммиака
в мозге при нарушениях церебральной гемодинамики

(Представлено 26/XI 1978)

Согласно современным представлениям, физиологическая регуляция мозгового кровообращения на различных уровнях интеграции мозга осуществляется комплексом метаболических, миогенных и нейрогенных факторов (¹⁻⁶).

Развиваемая С. А. Мирзояном нейрохимическая концепция компенсации и декомпенсации нарушенной мозговой гемодинамики основывается на достижениях современной нейрохимии в плане рассмотрения связи между специфической функцией головного мозга и особенностями обмена веществ в нем, наличием общности в биохимической статике и динамике между мозгом и тканями стенок его артерий. Наличие чрезвычайного богатства мозговой ткани биологически активными веществами позволило автору и его сотрудникам на примере экспериментального анализа установить роль специфических субстратов мозга в регуляции мозгового кровообращения, подтвердить тем самым состоятельность концепции нейрохимического контроля мозгового кровотока (⁷⁻⁹).

Полученные данные раскрывают новые перспективы в плане изучения нейрохимических механизмов действия лекарственных средств, широко применяемых в терапии цереброваскулярных расстройств. В этой связи обращают на себя внимание производные ксантинов, в частности эуфиллин, эффективность которого при острых нарушениях мозгового кровообращения подчеркивается многими исследователями, хотя и механизмы действия последнего трактуются неоднозначно (¹⁰⁻¹²). Исследования, проведенные в нашей лаборатории (¹³) выявили, что в эффектах эуфиллина немаловажную роль играет его способность изменять содержание аммиака в мозговой ткани. В следующей серии опытов изучалось влияние эуфиллина на уровень аммиака в условиях экспериментальной ишемии головного мозга. Полученные данные показали, что в условиях экспериментального нарушения мозгового кро-

воображения, вызванного перевязкой сонной артерии, наблюдается значительное возрастание содержания свободного аммиака в мозговой ткани по сравнению с исходным уровнем более чем на 50%. Введение эуфиллина в этих условиях ведет к снижению избыточного аммиака, при этом указанное действие эуфиллина можно охарактеризовать как защитное. В свете приведенных данных возникла необходимость выяснить роль возможных источников и устранителей аммиака в обнаруживаемых эффектах эуфиллина. Связано ли действие эуфиллина с нейтрализацией избыточного аммиака или с предотвращением его образования.

Согласно многочисленным литературным данным, образование и устранение аммиака представляет собой циклический процесс деградации и ресинтеза азотистых соединений. В последние годы Г. Х. Бунятяном и С. Г. Мовсесяном выдвинуто новое представление о циклическом процессе образования аммиака, в котором существенная роль принадлежит деаминированию НАД и реаминированию никотинамид-гипоксантидинуклеотида (дезамино- НАД) аспартатом (¹⁴⁻¹⁵).

Для решения поставленных задач проведены опыты по изучению влияния эуфиллина на содержание глутамина, амидных групп белков мозга и активность глутаматдегидрогеназы (ГДГ) в мозге белых крыс при экспериментальном нарушении мозгового кровообращения. Экспериментальная ишемия головного мозга вызывалась односторонней лигатурой сонной артерии. Через сутки после перевязки сонной артерии крысам внутрибрюшинно вводили эуфиллин в дозе 24 мг/кг. Через 15—20 минут животных декапитировали, мозг переносили в стакан с охлажденным раствором 0,25 М сахарозы, готовили кашицу и гомогенизировали. Гомогенат подвергали замораживанию и оттаиванию и затем центрифугировали на рефрижераторной центрифуге УАС—601 при 70000 g. Надосадочную жидкость использовали в качестве источника ферментного препарата. Активность ГДГ определяли спектрофотометрическим методом (¹⁶) при длине волны 340 мμ. Для определения общей активности ГДГ использовали следующие реакционные смеси: для обратной реакции—0,2 мл 0,002 М раствора НАДН, 0,2 мл 0,002 М раствора α-кетоглутарата, 0,1 мл экстракта. Конечный объем доводили до двух миллилитров раствором 0,5 М трис-НСl буфера (pH 7,8). Для прямой реакции—0,2 мл 0,002 М раствора НАД, 0,2 мл 0,5 М раствора глутамата, 0,1 мл экстракта. Конечный объем доводили до двух миллилитров раствором 50 мМ трис-НСl буфера (pH 7,0). Активность рассчитывали в единицах Вроблевского на 1 мг белка (¹⁷). Белок определяли по методу Лоури (¹⁸). Аммиак и амидоазот глутамина определяли микродиффузионным способом (¹⁹), амидные группы белков по выходу аммиака после гидролиза в 2 н. H₂SO₄.

Результаты опытов показали, что при ишемии мозга наблюдается понижение уровня глутамина в мозговой ткани на 20% по сравнению с исходным уровнем. Под воздействием эуфиллина содержание глутамина повышается незначительно, на 6%, что свидетельствует о том, что

степень участия глутаминна в аммиакустраняющем эффekte эуфиллина незначительна (табл. 1). Одновременно установлено, что указанный эффект эуфиллина не реализуется через процессы амидирования белковой фракции мозга, так как эуфиллин вызывает статистически недостоверные изменения в степени амидированности белков мозга. Таким образом, на основании вышесказанного, становится возможным допустить, что ключевой системой, лимитирующей влияние эуфиллина на содержание аммиака в мозгу при его ишемии, по-видимому, является глутаматдегидрогеназная реакция. Последняя, в сочетании с трансаминированием имеет фундаментальное значение в биосинтезе всех аминокислот, поскольку трансаминирование α -кетокислот представляет собой основной механизм включения α -аминогрупп в другие аминокислоты. ГДГ играет важную роль в регуляции и интеграции гликолиза, электронотранспортной системы и цикла трикарбоновых кислот. Значение обратимой реакции дезаминирования глутамата заключается также и в том, что она, наряду с синтезом глутамата, осуществляет устранение аммиака — процесс, очень важный для мозга (²⁰). Учитывая вышесказанное, нами изучалось влияние эуфиллина на общую активность ГДГ в условиях экспериментальной ишемии мозга.

Таблица 1

Влияние эуфиллина на содержание аммиака, глутаминна, амидных групп белков мозга (мг%) и общую активность ГДГ (мкмоль пиридиннуклеотида/мг белка/мин) при экспериментальном нарушении мозгового кровообращения

Показатели	Контроль	Перевязка сонной артерии	Эуфиллин 24 мг/кг внутривенно
Аммиак	0.59±0.02 (35)	1.2±0.04 (17) p<0.001	0.62±0.01 (15) p<0.001
Амидазот глутаминна	4.0±0.14 (15)	3.1±0.15 (15)	3.3±0.13 (15)
Легкогидролизуемые амидные группы белков	19.8±0.17 (10)	19.4±0.1 (10)	19.5±0.16 (10)
Трудногидролизуемые амидные группы белков	44.9±0.21 (10)	44.6±0.14 (10)	44.6±0.13 (10)
Активность ГДГ (восстановительное аминирование)	0.38±0.001 (8)	0.22±0.02 (8) p<0.001	0.35±0.04 (8) p<0.02

() — число опытов

Выявлено, что при ишемии мозга общая активность ГДГ в реакции окислительного дезаминирования глутаминовой кислоты не претерпевает особых изменений, в то время как активность фермента в обратной реакции, т. е. восстановительном аминировании α -кетоглутарата значительно снижается. Так, общая активность ГДГ в обратной реакции, составляя в контроле 0.38 мкмоль/НАДН/мг белка/мин., снижается при ишемии мозга на 43%. Таким образом, при ишемии мозга наблюдается

существенное угнетение процессов восстановительного аминирования и связанное с этим торможение включения аммиака в синтез глутамата, чем и становится возможным объяснить накопление избыточных концентраций аммиака в мозге при нарушении его кровоснабжения. Введение эуфиллина в этих условиях сопровождается восстановлением активности ГДГ до 0,35 мкмоль/НАДН/мг белка/мин., т. е. почти до нормальных величин. По существу, аммиакнейтрализующее действие эуфиллина следует сводить к активации утилизации избыточного аммиака путем восстановления активности ГДГ в реакции восстановительного аминирования. Обращает на себя внимание и то, что эуфиллин практически не влияет на окислительное дезаминирование глутамата (рис. 1).

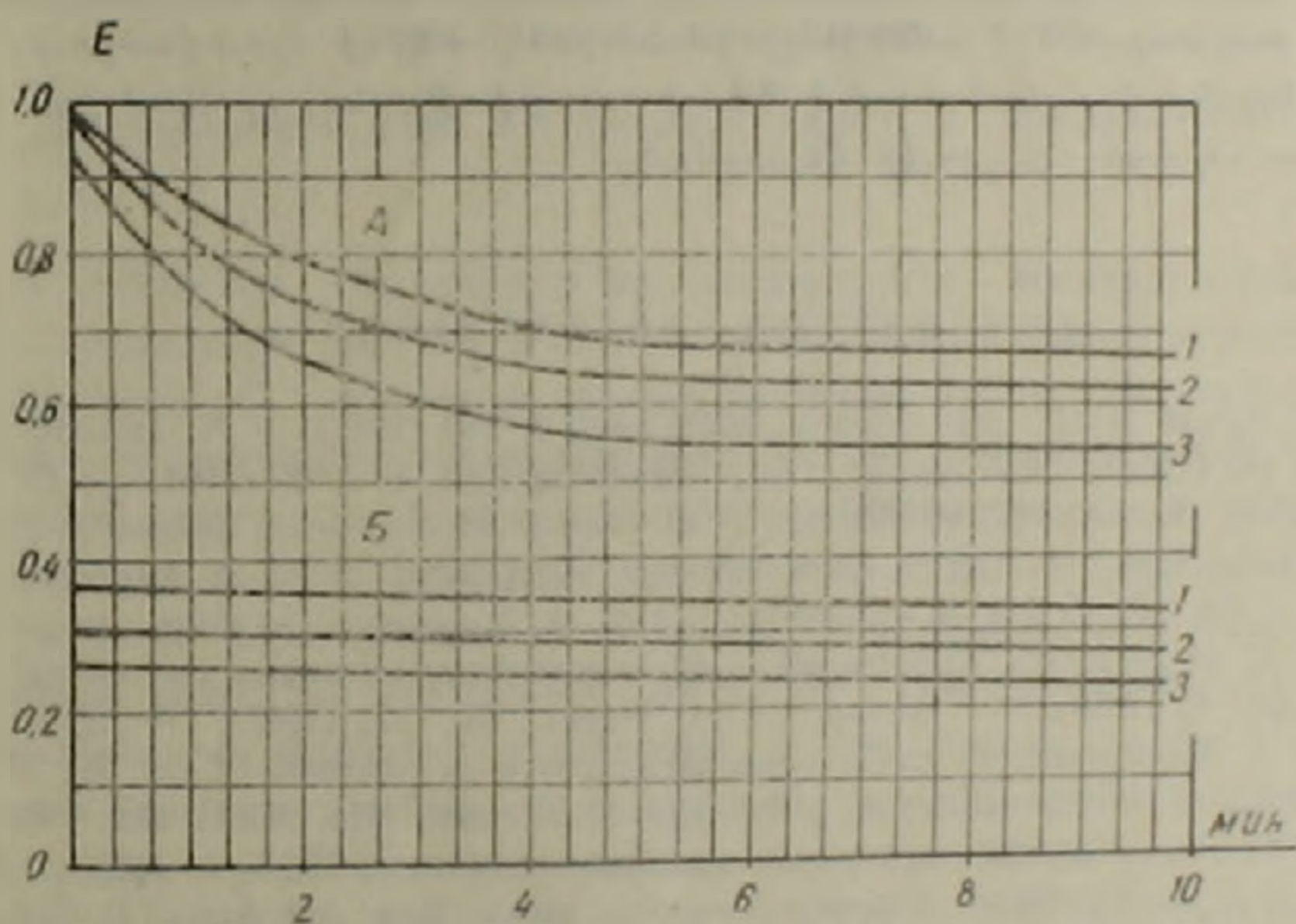


Рис. 1. Изменение общей активности ГДГ мозга белых крыс при экспериментальной ишемии мозга и введении эуфиллина
 А—восстановительное аминирование, Б—окислительное дезаминирование
 1—контроль; 2—введение эуфиллина; 3—перевязка сонной артерии

Результаты наших исследований обнаружили новые стороны действия эуфиллина при расстройствах мозгового кровообращения. Полученные данные свидетельствуют о том, что одной из характерных особенностей действия эуфиллина при цереброваскулярных расстройствах является, по-видимому, его способность вмешиваться в интимные нейрохимические процессы образования и устранения аммиака, тем самым обеспечивая лечебное действие при острых расстройствах мозгового кровообращения.

Еренинский медицинский институт
 Институт биохимии Академии наук
 Армянской ССР

Էուֆիլինի ազդեցությունը գլխուղեղում ամոնիակի
դոլազման և չեզոքացման մեխանիզմների վրա ուղեղային
արյան շրջանառության խանգարումների պայմաններում

Կատարված ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ ուղեղի արյան շրջանառության խանգարումը բերում է գլխուղեղում ազատ ամոնիակի քանակի ավելացման՝ առանց դյուտամինի և սպիտակուցների ամիդային խմբերի պարունակության էական փոփոխությունների:

Նշված պայմաններում իջնում է ուղեղի դյուտամաադիհիդրոգենազային քնդհանուր ակտիվությունը վերականգնողական ամինացման ռեակցիայում, որով և բացատրվում է ամոնիակի կուտակումը ուղեղի հյուսվածքում:

Էուֆիլինը վերականգնում է ԳԴՀ-ի ակտիվությունը, դրանով իսկ նպաստելով ամոնիակի ավելցուկի հեռացմանը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ D. Ingvar et al., Experimental brain Res., 3, 195 (1957). ² N. Lassen, Physiol. Rev., 39, 183 (1958). ³ J. Meyer et al., Neurology, 11, 4, 2, 46 (1961). ⁴ B. Folkow Acta Physiol. Scand., 27, 99 (1952). ⁵ A. Harper et al., Arch. Neurol. 1, 27 (1972). ⁶ N. Lassen, Scand. J. Lab. a. Clin. Invest., 102 (1963). ⁷ С. А. Мурзоян, В. П. Акопян, ДАН СССР, 214, 2, 465 (1974). ⁸ С. А. Мурзоян, Актонвая речъ. Ереван (1974). ⁹ С. А. Мурзоян, Фармакология физиологически активных соединений. Москва—Фрунзе, 40 (1978). ¹⁰ F. Meinzer, Clin. Wschr., 33, 1101 (1955). ¹¹ Б. С. Виленский, Л. А. Майборода, VI съезд невропатологов и психиатров СССР, М., 37 (1975). ¹² U. Gottstein, A. Bernmeier, H. Sebening, K. Steiner, Med. Klin., 37, 1589 (1951). ¹³ Р. С. Бекян, Журнал эксперим. и клинич. медицины, 17, 3, 40 (1977). ¹⁴ С. Г. Мовсесян, Г. Х. Бунятыян, Вопросы биохимии мозга, Изд. АН АрмССР, 2, 5 (1966). ¹⁵ С. Г. Мовсесян, Вопросы биохимии мозга, Изд. АН АрмССР, 193, 19 (1973). ¹⁶ Н. О. Мовсесян, М. А. Хумарян, С. Г. Мовсесян, Лабор. дело, 7, 445 (1976). ¹⁷ F. Wroblevski, L. S. La Due, Soc. Exp. Biol. and Med., 90, 210 (1955). ¹⁸ O. M. Lowry et al., J. Biol. Chem., 19, 265 (1951). ¹⁹ А. Н. Силакова, Г. Л. Труш, А. Ян-лякова, Вопр. мед. химии, 8, 538 (1962). ²⁰ А. Е. Браунштейн, Усп. совр. биохимии, 1, 40 (1949).

УДК 612.822.3087

ФИЗИОЛОГИЯ

А. С. Андреасян

Роль гипоталамуса в процессе восстановления нарушенных функций при повреждении спинного мозга

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Бакунцом 15/IX 1978)

В процессе структурно-функционального восстановления после травм различных органов и систем вегетативные сдвиги играют определенную роль. С этой точки зрения изучение роли гипоталамуса, как высшего адаптационно-трофического центра нервной системы, в пластичности центральной нервной системы (ЦНС) после ее повреждения приобретает важное значение. Многими исследователями показано, что гипоталамус через релизинг факторы, нейрогормоны и биологически активные вещества принимает активное участие в регуляции самых разнообразных функций организма, в том числе роста и развития. Однако единичны работы, касающиеся участия гипоталамуса в регенеративных процессах при повреждениях органов и тканей (¹⁻⁴). Василеску и др. (³) (Wasilescu et. al.) показали, что гипоталамо-гипофизарная система играет определенную роль в регенерации печени после ее повреждения. Имеются данные, показывающие, что при повреждении дорсального гипоталамуса рост крыс-отъемышей задерживается (⁵). Показано также, что гормон роста участвует в осуществлении полноценной регенерации разицированных органов (¹) и, что гормоны коры надпочечников играют важную роль в ослаблении образования рубцовой ткани при повреждениях ЦНС (^{2,4}). Что касается роли гипоталамуса в восстановительных процессах при повреждениях ЦНС в литературе нет данных, кроме сделанного нами сообщения (⁶).

Учитывая теоретическое и практическое значение данного вопроса, мы задались целью изучить роль гипоталамуса в восстановлении нарушенных функций при частичных повреждениях спинного мозга (СМ).

Опыты проводили на крысах. У контрольных животных проводили только перевозку СМ на уровне Т—9. У подопытных животных на фоне перерезки СМ на этом же уровне проводили двухстороннее электролитическое разрушение разных отделов гипоталамуса по атласу, приведенному в монографии Я. Сентаготан с соавторами (⁷). Разру-

шение охватывало в переднем отделе в основном переднее гипоталамическое ядро, межядерное мелкоклеточное пространство, часть супраоптического и паравентрикулярного ядер и часть перивентрикулярного ядра; в среднем—вентромедиальное, дорзомедиальное и часть аркуатного и переднего перивентрикулярного ядер; в заднем—заднюю гипоталамическую область, дорзальное преамиллярное ядро и часть вентрального и преамиллярного ядра. Электролитическое разрушение проводили монополярно, с силой тока 2 ма, длительностью—30—35 сек.

В основном велось систематическое наблюдение за клинической картиной оперированных животных. Кроме того, в двух сериях экспериментов для выявления состояния проводимости путей СМ, производили регистрацию вызванных потенциалов (ВП) первой соматосенсорной зоны коры мозга при раздражении седалищного нерва и потенциала действия седалищного нерва при раздражении пирамидного тракта в области продолговатого мозга. В конце опытов головной и спинной мозг подвергли гистологическому контролю: определяли локализацию и объем разрушенного участка гипоталамуса и степень перерезки спинного мозга. Материал подвергали гистологическому исследованию по методике Ван-Гизона.

Опыты проводили на 124 крысах (83 подопытных и 41 контрольных). Были поставлены 4 серии экспериментов: на фоне левосторонней латеральной гемисекции СМ были разрушены в 1-ой серии передний, во 2-ой—средний и в 3-ей—задний отделы гипоталамуса. В 4-ой серии проводили разрушение переднего отдела гипоталамуса на фоне перерезки больше половины СМ (2/3).

Клинические наблюдения показали, что после левосторонней гемисекции СМ у крыс наблюдалась полная потеря опорно-локомоторной функции задней левой конечности, тогда как в правой конечности эти нарушения были выражены очень слабо. Наблюдалось также подавление чувствительности на механическое раздражение. У контрольных животных эти нарушения постепенно проходили и в течение 18—22 дней почти исчезали. У подопытных животных первой серии—с двухсторонним разрушением переднего отдела гипоталамуса наблюдалось затягивание восстановления нарушенных опорно-локомоторных функций почти в два раза, т. е. оно имело место в течение 40—45 дней. У подопытных животных второй серии с разрушением среднего отдела гипоталамуса тоже наблюдалась задержка восстановления нарушенных функций, но сравнительно меньше, чем у подопытных животных первой серии—нарушенные функции восстанавливались в течение 30—35 дней. У животных 3-ей серии не наблюдалась задержка в сроках восстановления нарушенных опорно-локомоторных и чувствительных функций. При левосторонней перерезке 2/3 СМ у крыс наблюдается полная потеря опорно-локомоторной функций задней левой конечности. При этом опорная функция задней правой конечности также теряется. При передвижении животное в состоянии только притягивать к себе заднюю правую конечность, не опираясь на нее. Чувствительность к механиче-

скому раздражению также очень сильно подавлялась, особенно в задней левой конечности. У контрольных животных в течение 35—40 дней все эти наблюдаемые нарушенные функции восстанавливались. У подопытных животных с разрушением переднего отдела гипоталамуса восстановление нарушенных функций сильно задерживалось и наступало только спустя 90—95 дней после повреждения.

Состояние проводимости афферентных и эфферентных путей СМ мы изучали у крыс 1-ой и 4-ой серии.

Опыты, проведенные на крысах первой серии, показали, что на 6—7-ой день после перерезки СМ как у контрольных так и у подопытных животных при наличии хорошо выраженных контралатеральных ответов, только появлялись признаки восстановления ипсилатеральных ВП. Они достигают своего предела восстановления у контрольных животных в течение 15—16 дней. В этом периоде у подопытных животных амплитуда ВП ипсилатерально коры оставалась небольшая. Восстановление ипсилатеральных ВП у подопытных животных наблюдалось только спустя 30—35 дней. Однако, латентный период, как у контрольных, так и у подопытных животных всегда оставался удлиненным (рис. 1).

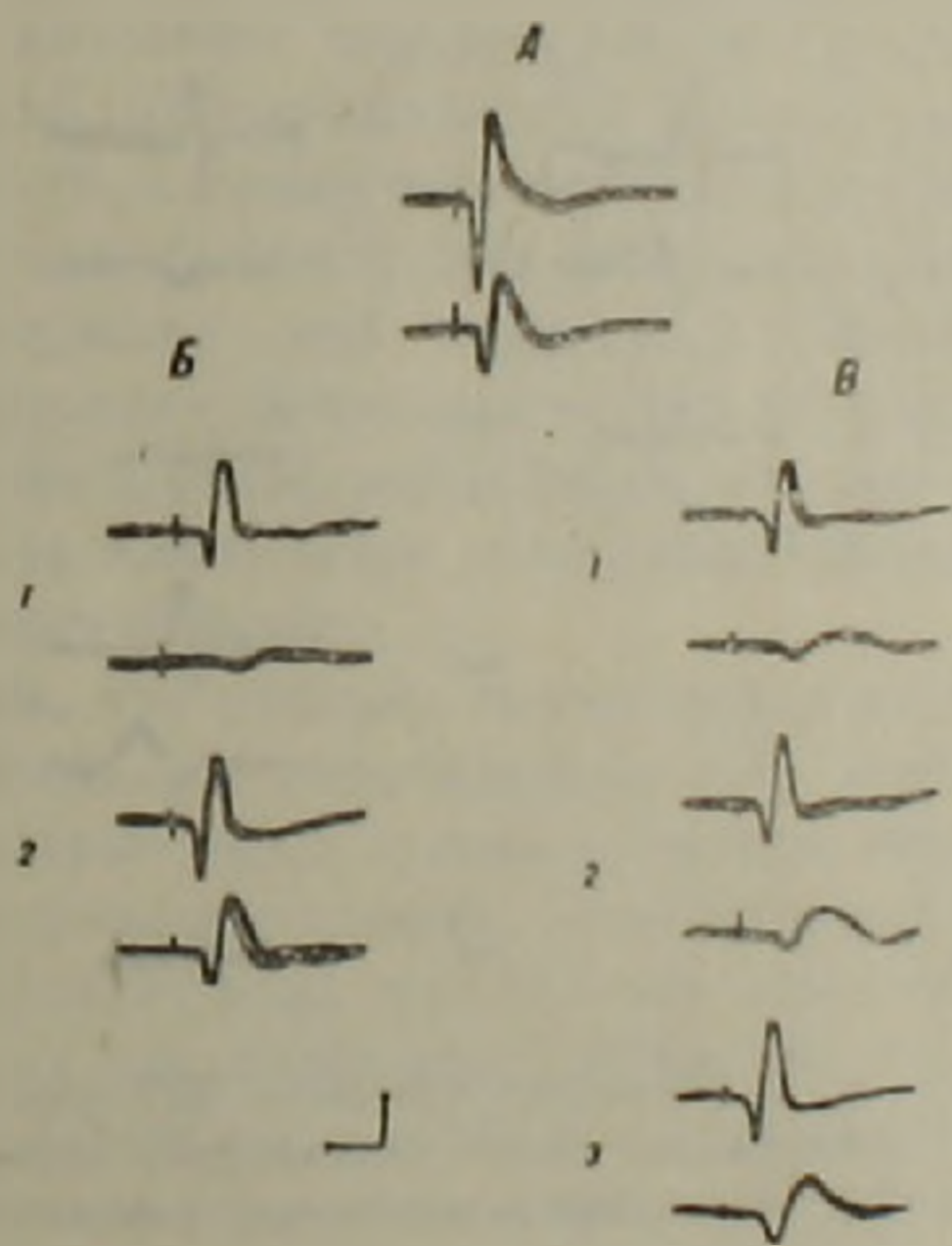


Рис. 1. Динамика изменений ВП коры мозга на раздражение левого седалищного нерва после левосторонней гемисекции СМ. Верхние осциллограммы от контралатеральной, нижние от ипсилатеральной коры. А—норме. Б—у контрольных крыс: 1—на 6-ой день; 2—на 15-ый день. В—подопытных животных: 1—на 6-ой день; 2—на 15-ый день; 3—на 33-ий день. Калибровка: 500 мкВ, 20 мсек

При перерезке 2/3 СМ на 6—7-ой день после операции ВП на раздражение левого седалищного нерва с ипсилатеральной стороны коры головного мозга как у контрольных так и подопытных животных не генерировались. С контралатеральной коры регистрировались ВП только положительной фазы с удлинением латенции почти в два раза.

К 30-му дню ВП ипсилатеральной коры при раздражении левого

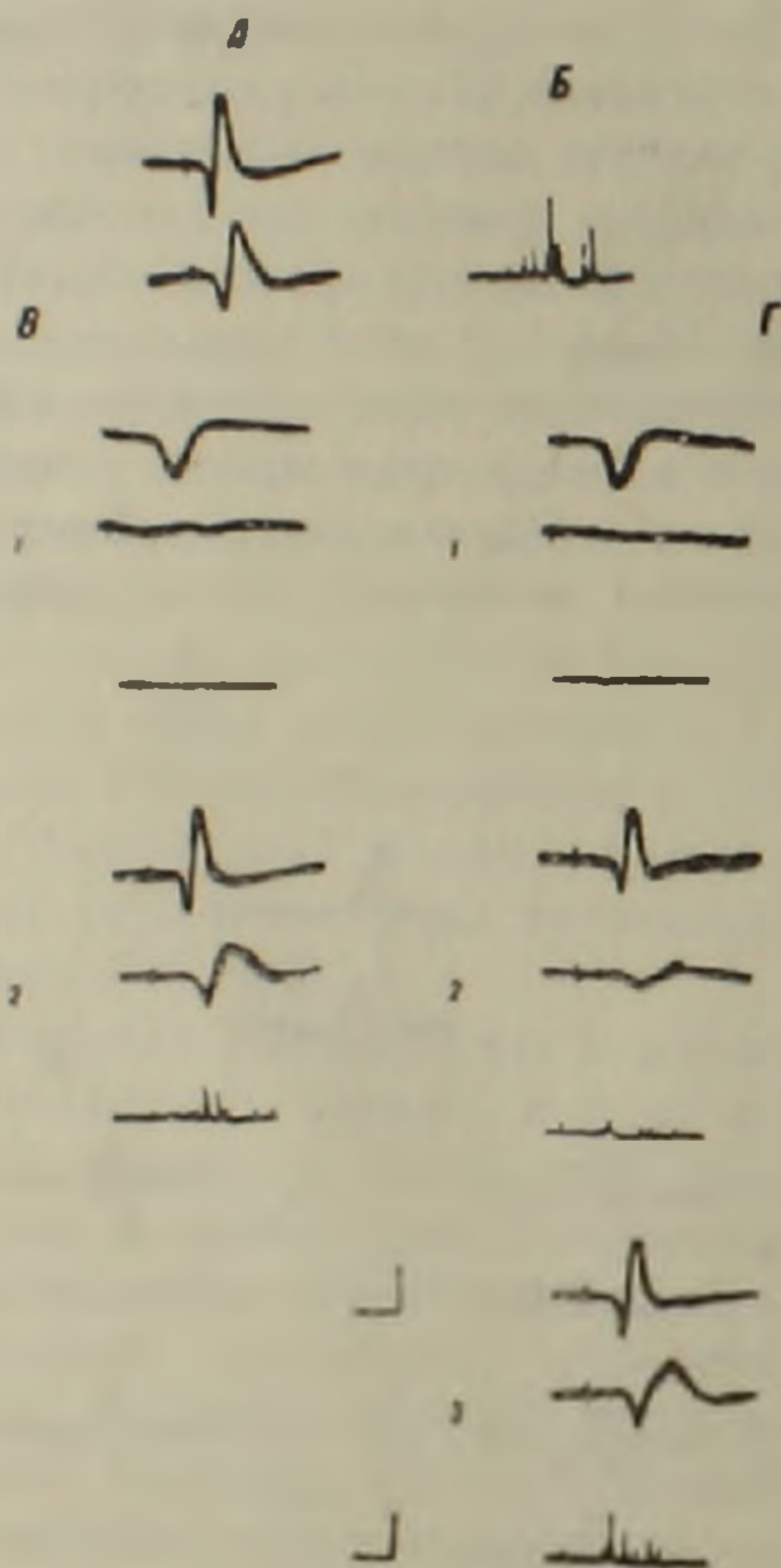


Рис. 2. Динамика изменения ВП коры на раздражение левого седалищного нерва и ПД нерва на раздражение пирамидного тракта после левосторонней перерезки 2/3 СМ. Верхние осциллограммы от контралатеральной, средние от ипсилатеральной коры, нижние ПД нерва А—Б—в норме. В—у контрольных крыс: 1—на 7-ой день; 2—ВП на 31-ый день; ПД на 42-ой день Г—у подопытных; 1—на 7-ой день; 2—ВП на 33-ий день; ПД на 43-ий день; 3—ВП на 78-ой день; ПД на 93-ий день. Калибровка для ВП—500 мкв, 20 мсек, для ПД—50 мкв, 10 мсек

седалищного нерва у контрольных животных восстанавливались, тогда как у подопытных—только появлялись признаки восстановления. ВП у подопытных животных достигали своего предельного восстановления к 80-му дню. В течение первых 6—7 дней не наблюдалось признаков восстановления потенциала действия (ПД) седалищного нерва. Предел восстановления ПД нерва у контрольных животных наступает на 40—45 день, тогда как у подопытных в данный срок наблюдались только признаки восстановления ПД, который достигал своего предела восстановления в течение 90—95 дней (рис. 2).

Изучение гистологического материала I-ой и IV-ой серии экспериментов показало, что по сравнению с контрольными, у подопытных животных в рубце, образующемся на месте повреждения, пролиферация глиозных элементов выражена слабее. В рубце не замечены нервные волокна, и вообще вокруг рубца дистрофические изменения выражены сильнее. У контрольных животных выше места перерезки наблюдаются многочисленные, хорошо выраженные гипертрофированные нервные клетки, у подопытных животных, во-первых, количество клеток уменьшается, а, во-вторых, гипертрофия выражена незначительно.

Таким образом, полученные данные показывают, что электролитическое разрушение заднего отдела гипоталамуса не оказывает влияния на динамику восстановления нарушенных опорно-локомоторных и чувствительных функций, наблюдаемых после гемисекции СМ, тогда как разрушение переднего и среднего отделов гипоталамуса вызывает задержку восстановления функций. Эти данные говорят о том, что в восстановительных процессах при проведении СМ вероятно принимает участие нейросекреторная деятельность гипоталамуса. Данные, полученные при перерезке 2/3 СМ, показывают, что, чем больше травмируется СМ, тем сильнее выражается роль нейросекреторной деятельности гипоталамуса в пластичности.

Можно полагать, что влияние гипоталамуса на восстановительные процессы, происходящие в поврежденном СМ, осуществляется релизинг-факторами, которые через тропные гормоны гипофиза регулируют функции желез внутренней секреции, а последние (в основном надпочечники и щитовидная железа) при помощи своих гормонов участвуют в усилении интимных метаболических процессов, протекающих в нейронах и в клетках нейроглии, участвующих в восстановительных процессах. Однако, так как при повреждении переднего гипоталамуса эффект получается больше, чем от среднего, можно полагать, что существует и внегипофизный путь влияния гипоталамуса на пластичность при травмах СМ.

Հիպոթալամուսի ղեր ողնուղեղի վնասվածքների հետևանքով առաջացած խանգարված ֆունկցիաների վերականգնման պրոցեսում

Ուսումնասիրվել է հիպոթալամուսի տարրեր բաժինների դերը ողնուղեղի կիսահատման հետևանքով առաջացած խանգարված ֆունկցիաների վերականգնման պրոցեսներում: Այդ նսյատակով ողնուղեղի կիսահատման ֆունկցիա էլեկտրոլիտիկ քայքայման հի հնթարկվել հիպոթալամուսի առաջնային միջին և հետին բաժինները: Ստացված տվյալներով կարելի է հնթադրել, որ հիպոթալամուսի հետին բաժինը ողնուղեղի կիսահատումից հետո չի ցուցարերում որևէ մասնակցություն վերականգնման պրոցեսներում, քանի որ ֆունկցիաների վերականգնման տեղությունը ինչպես փորձնական, այնպես և ստուգիչ (միայն ողնուղեղի կիսահատում) կենդանիների մոտ համարյա նույնն է:

Միջին հիպոթալամուսի քայքայման ժամանակ խանգարված ֆունկցիաների վերականգնման տեղությունը մեծանում է: Փորձերը ցույց տվեցին, որ վերականգնման պրոցեսներում ամենամեծ մասնակցությունը ցուցարերում է հիպոթալամուսի առաջնային բաժինը: Ողնուղեղի կիսահատումից հետո այդ բաժնի էլեկտրոլիտիկ քայքայման հետևանքով համարյա երկու անգամ մեծանում է վերականգնման տեղությունը:

Այդ տվյալները թույլ են տալիս ընդունելու, որ կենտրոնական նյարդային համակարգի պլաստիկության գործում էական դեր է խաղում հիպոթալամուսի ներոսեկրետոր գործունեությունը: Տվյալները, որոնք ստացվել են ողնուղեղի 2/3 մասի հատման ժամանակ, ցույց են տալիս, որ ինչքան մեծ է ողնուղեղի վնասվածքը, այնքան ուժեղ է արտահայտվում հիպոթալամուսի ներոսեկրետոր գործունեությունը պլաստիկականության մեջ:

ЛИТЕРАТУРА — ЦИТАЦИИ И ССЫЛКИ

- ¹ В. Ф. Сидорова, В кн. Механизмы регенерации и клеточного деления, М., 1971. ² N. Marcovici, Cicatrice cerebrale, Romine, Bicaresy, 1959, 146, 186. ³ Vasilescu E. Gadrilescu, A. Borbulau, Cm Simianu, Studii si cercetari fiziol., 4, 671—678, 1960. ⁴ W. F. Winble, W. W. Chambers, Arch. Neur. psychiat. Chic., 65, 261, 1951. ⁵ J. Bernarpis Lee, Exp. Brain Res., 19, N. 4, 1973. ⁶ Л. А. Маминян, А. С. Андреев, Материалы III республиканского совещания по проблеме «Нейрогенез, реактивные и регенеративные процессы в нервной системе», Тбилиси, 1974. ⁷ Я. Сентаротти, Б. Флерко, Б. Меш, Б. Хала, Гипоталамическая регуляция передней части гипофиза, Бузапешт, 1965.

