

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ  
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր  
Д О К Л А Д Ы

XXXVI, № 4

1963

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ, կենսաբանական գի-  
տությունների բեկնածու, Ա. Բ. ԲԱՐԱՅԱՆ,  
ՀՍՍՐ ԳԱ ԲԳՐԱԿԻԳ-ԱՆԳԱՄ, Վ. Մ. ԲԱՌԱ-  
ՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ԲԳՐԱԿԻԳ-ԱՆԳԱՄ, Վ. Հ.  
ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ.  
ՂԱԶԱՐՅԱՆ, կենսաբանական գիտու-  
թյունների դոկտոր (պատ. խմբագրի աե-  
լակալ), Գ. Մ. ՂԱՐԻԲՅԱՆ, ֆիզիկա-մա-  
թեմատիկական գիտությունների դոկտոր,  
Ս. Հ. ՄԻՐԶՈՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ԲԳՐԱԿԻԳ-ԱՆ-  
ԳԱՄ, Ս. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ակա-  
դեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՐ ԳԱ ա-  
կադեմիկոս, Մ. Մ. ԶՐԱՇՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ  
ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Ս. Մ.  
ՍԱԳՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ ԲԳՐԱԿԻԳ-ԱՆԳԱՄ:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Э. Г.  
АФРИКЯН, кандидат биологических  
наук, А. Т. БАБАЯН, чл.-корресп. АН  
АрмССР, Г. М. ГАРИБЯН, доктор фи-  
зико-мат. наук, М. М. ДЖРБАШЯН, ака-  
демик АН АрмССР (отв. редактор), В. О.  
КАЗАРЯН, доктор биологических наук  
(зам. отв. редактора), С. А. МНР-  
ЗОЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, С. С.  
МКРТЧЯН, академик АН АрмССР, А. Г.  
НАЗАРОВ, академик АН АрмССР, О. М.  
САПОНДЖЯН, чл.-корресп. АН АрмССР,  
В. М. ТАРАЯН, чл.-корресп. АН АрмССР.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ

Ե Ր Ե Վ Ա Ն

Е Р Е В А Н

Թ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

**Մաքեմասիկա**

Հ. Բ. Ներսեսյան—Դիֆերենցիալ-ֆունկցիոնալ հավասարումների համար մի  
խնդրի մասին . . . . . 192

**Կիրառական մաքեմասիկա**

Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան—Ձուգահեռ սանդղակներով շղթայական նոմոգրամների  
հաշվման դրաֆիկ և դրաֆո-անալիտիկ եղանակ . . . . . 203

**Շինարարական մեխանիկա**

Է. Լ. Խաչիյան—Ուժեղ երկրաշարժների ժամանակ կառուցվածքների ոչդժային  
տատանումների ուսումնասիրությունը շուրջը . . . . . 211

**Կիրառական օդերևութաբանություն**

Ա. Մ. Մխիթարյան—Ջրամբարներում ջերմափոխանակության մասին . . . . . 217

**Բիոֆիզիկա**

Ա. Շ. Գուլապյան—Հոդերում ֆերմենտների ինակտիվացման մասին . . . . . 221

**Ստատիստիկա**

Ն. Ս. Ազարյան—Նոր տվյալներ վեդի գետի վերին հոսանքի տրիտաի նրստ-  
վածքների ստատիստիկական վերաբերյալ . . . . . 229

**Բույսերի ֆիզիոլոգիա**

Վ. Հ. Ղազարյան և Կ. Հ. Կարապետյան—Ֆոտոսպերիոդիկ սեմիմի ազդեցու-  
թյունը պերիլլայի մեկուսացված տերևների ամինոթթուների կազմի փոփոխության  
վրա . . . . . 231

**Ֆիզիոլոգիա**

Ս. Կ. Կարապետյան—Հայկական ՍՍԽ ԳԱ տիպոգրաֆիկա և Ս. Բ. Նազարյան—  
Մի բանի բիրթմիական տեղաշարժերի մասին սեռական և էնդոկրին օրգաններում  
գլխուղեղի կիսագնդերի հեռացման դեպքում . . . . . 237

Հ. Գ. Բազլավաջյան—Ներքին կապսուլայի շրջանում վիտեքրալ աֆերենտ  
համակարգությունը ներկայացուցչություն մասին . . . . . 241

**Բժշկականություն**

Զ. Լ. Գուլաբյան—Սրտի էլեկտրական ուժերի վեկտորական ուսումնասիրու-  
թյունը հիպերտոնիկ հիվանդության ժամանակ . . . . . 246

# СОДЕРЖАНИЕ

Стр

## Математика

- А. Б. Нерсисян*—Об одной задаче для дифференциально-функциональных уравнений . . . . . 193

## Прикладная математика

- Г. И. Тер-Степанян*—Графический и графо-аналитический методы расчета цепных номограмм с параллельными шкалами . . . . . 203

## Строительная механика

- Э. Е. Хачиян*—К изучению нелинейных колебаний сооружений при сильных землетрясениях . . . . . 211

## Прикладная метеорология

- А. М. Мхитарян*—О теплообмене в водоемах . . . . . 217

## Биохимия

- А. Ш. Галстян*—Об инаktivации ферментов в почве . . . . . 225

## Стратиграфия

- Н. Р. Азарян*—Новые данные по стратиграфии триасовых отложений верховья реки Веди (Армянская ССР) . . . . . 229

## Физиология растений

- В. О. Казарян и К. А. Карапетян*—Влияние фотопериодического режима на изменение аминокислотного состава изолированных листьев периллы . . . . . 233

## Физиология

- С. К. Карапетян*, академик АН Армянской ССР, и *М. Б. Назарян*—О некоторых биохимических сдвигах в генеративных и эндокринных органах, возникающих при удалении полушарий головного мозга . . . . . 237

- О. Г. Баклаваджян*—О представительстве висцеральной афферентной системы в области внутренней капсулы . . . . . 243

## Медицина

- З. Л. Долабчян*—Векторальное изучение электрических сил сердца при гипертонической болезни . . . . . 249

МАТЕМАТИКА

А. Б. Нерсисян

Об одной задаче для дифференциально-функциональных уравнений

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. М. Джрбашяном 19/XII 1962)

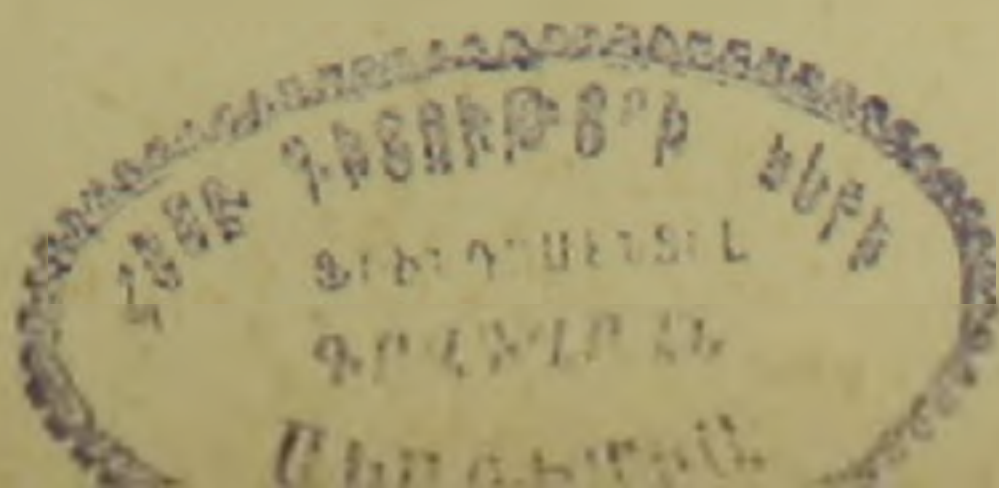
Для дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом задачи с начальными данными рассматривались в основном лишь в случае „односторонних“ отклонений аргумента (запаздывание или опережение). В подавляющем большинстве случаев ставилась так называемая основная начальная задача\*, степень корректности которой примерно такая же, как и у начальной задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Корректность иных начальных задач, как правило, требует жестких ограничений на уравнение и сужения класса функций, в котором ищется решение. По-видимому, первый (если не единственный) результат в этом направлении получен Доссом и Насром<sup>(2)</sup>. А. Б. Штыкан<sup>(3)</sup> предложил метод графического интегрирования для более общих задач, однако в работе<sup>(4)</sup> А. М. Зверкин, Г. А. Каменский и С. Б. Норкин показали, что, вообще говоря, применение подобных приближенных методов недопустимо без строгого обоснования и, в то же время, предложили несколько иных интересных вариантов начальных задач.

В предлагаемой работе сделана попытка общего подхода ко всем упомянутым выше задачам при отсутствии каких-либо существенных ограничений на характер отклонений аргумента.

§ 1. Постановка задачи. Теорема существования. 1°. Пусть оператор  $V(x, \varphi) = \{V_k\}_1^n$  ( $-\infty \leq \alpha \leq x \leq \beta < +\infty$ ,  $n \geq 1$ ) определен на множестве кусочно-непрерывных ограниченных вектор-функций  $\varphi(t) = \{\varphi_k(t)\}_1^n$  ( $a \leq t \leq b$ ,  $a \leq \alpha < \beta \leq b$ ,  $\varphi(t) = \varphi(t-0)$ ,  $\varphi(x) = \varphi(x+0)$ ) и функции  $|V_k(x, \varphi)|$  интегрируемы на  $(\alpha, \beta)$ .

Наложим на  $V$  следующее ограничение, аналогичное условию Липшица

\* Относительно постановки основной начальной задачи см. обзорную статью<sup>(1)</sup>, § 1.



$$|V_k(x, \varphi) - V_k(x, \psi)| \leq \sum_{i=1}^n \int_a^b |\varphi_i(t) - \psi_i(t)| d\rho_{ik}(x, t), \quad (\alpha \leq x \leq \beta) \quad (1)$$

$$\varphi = \{\varphi_k\}_1^n, \quad \psi = \{\psi_k\}_1^n, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

(интегрирование производится по  $t$ ), где  $\rho_{ik}$  — неубывающие по  $t$  функции, не зависящие от  $\varphi$  и  $\psi$ , и все функции

$$\int_a^b d\rho_{ik}(x, t) \quad (i, k = 1, 2, \dots, n) \quad (1')$$

интегрируемы по  $x$  на  $(\alpha, \beta)$ .

На отрезках  $[a, \alpha]$  и  $[\beta, b]$  соответственно зададим однопараметрические семейства кусочно-непрерывных ограниченных вектор-функций  $\varphi(t, c) = \{\varphi_k\}_1^n$  и  $\psi(t, c) = \{\psi_k\}_1^n$  ( $-\infty < c < +\infty$ ), компоненты которых удовлетворяют следующим условиям:

$$|\varphi_k(t, c_1) - \varphi_k(t, c_2)| \leq \Phi_k(t) |c_1 - c_2|, \quad \varphi_k(\alpha, c) = c \quad (2)$$

$$\int_a^\alpha \Phi_k(t) dt < +\infty \quad (\alpha \leq t \leq \alpha, \quad k = 1, 2, \dots, n)$$

$$|\psi_k(t, c_1) - \psi_k(t, c_2)| \leq \Psi_k(t) |c_1 - c_2|, \quad \Psi_k(\beta, c) = c \quad (3)$$

$$\int_\beta^b \Psi_k(t) dt < +\infty, \quad (\beta \leq t \leq b, \quad k = 1, 2, \dots, n).$$

Случай  $\alpha = a$  (или  $\beta = b$ ) не исключается из рассмотрения: просто в этом случае семейство  $\varphi(t, c)$  (или  $\psi(t, c)$ ) вырождается в семейство точек с абсциссой  $\alpha$  (или  $\beta$ ), и необходимость в условиях (2) (или (3)) отпадает.

Определим теперь оператор  $V_c(x, \xi)$ ,  $(\alpha \leq x \leq \beta)$  на функциях  $\xi(t) = \{\xi_k\}_1^n$  ( $\alpha \leq t \leq \beta$ ) следующим образом:

$$V_c(x, \xi) = V(x, \xi^*), \quad \xi^* = \{\xi_k^*\}_1^n, \quad (4)$$

где

$$\xi_k^*(t) = \begin{cases} \xi_k(t) & \text{при } \alpha < t < \beta \\ \varphi_k(t, c), \quad c = \xi_k(\alpha) & \text{при } a \leq t \leq \alpha \\ \psi_k(t, c), \quad c = \xi_k(\beta) & \text{при } \beta \leq t \leq b \end{cases} \quad (4')$$

( $k = 1, 2, \dots, n$ )

Задача, рассматриваемая в дальнейшем, ставится так: ищется абсолютно непрерывная вектор-функция  $y(x) = \{y_k(x)\}_1^n$  ( $\alpha \leq x \leq \beta$ ), производная которой почти всюду на  $(\alpha, \beta)$  удовлетворяет уравнению

$$y'(x) = V_c(x, y) \quad (5)$$

и

$$y(x_0) = y^0, \quad \alpha \leq x_0 \leq \beta, \quad y^0 = \{y_k^0\}_1^n \\ (-\infty < y_k^0 < +\infty, \quad k = 1, 2, \dots, n). \quad (6)$$

Уравнение (5) является общим дифференциальным уравнением с отклоняющимся аргументом, причем функции  $\rho_{ik}$  в условии (1) точно характеризуют отклонения. Если  $x_0 = \alpha$  (или  $x_0 = \beta$ ), то из семейства  $\varphi(x, s)$  (или  $\psi(x, s)$ ) автоматически выбирается одна функция и нетрудно видеть, что в этом случае постановка основной начальной задачи для уравнений с запаздыванием (или опережением) входит в схему задачи (5)–(6).

2° Обозначим

$$R_k(x) = \sum_{i=1}^n \left\{ \int_{\alpha}^x \Phi_i(t) d\rho_{ik}(x, t) + \right. \\ \left. + \int_{\beta}^b \Psi_i(t) d\rho_{ik}(x, t) + \int_{\alpha}^{\beta} d\rho_{ik}(x, t) \right\} \quad (\alpha \leq x \leq \beta, \quad k = 1, 2, \dots, n). \quad (7)$$

**Теорема 1.** *Задача (5)–(6) имеет единственное решение, если*

$$\left| \int_{x_0}^x R_k(t) dt \right| \leq \theta < 1 \quad (\alpha \leq x \leq \beta, \quad k = 1, 2, \dots, n). \quad (8)$$

**Доказательство.** Покажем, что в условиях теоремы оператор

$$Ly = y^0 + \int_{x_0}^x V_c(t, y) dt \quad (\alpha \leq x \leq \beta) \quad (9)$$

осуществляет сжатые отображения в классе непрерывных на  $[\alpha, \beta]$  вектор-функций с обычной метрикой

$$\|\varphi\| = \max_k \max_t |\varphi_k(t)|, \quad \alpha \leq t \leq \beta, \quad \varphi = \{\varphi_k\}_1^n \\ (k = 1, 2, \dots, n). \quad (10)$$

Действительно, пусть  $V_c = \{V_c^k\}_1^n$ , тогда, обозначив

$$y_i(t) = (y_k^i(t))_{k=1}^n, \quad c_k^i = y_k^i(\alpha), \quad d_k^i = y_k^i(\beta)$$

$$(x \leq t \leq \beta; \quad i = 1, 2; \quad k = 1, 2, \dots, n),$$

из (1)–(4) получим

$$\begin{aligned} |V_c^k(x, y_1) - V_c^k(x, y_2)| &\leq \sum_{i=1}^n \left\{ |c_i^1 - c_i^2| \int_a^x \Phi_i(t) d\rho_{ik}(x, t) + \right. \\ &+ |d_i^1 - d_i^2| \int_\beta^x \Psi_i(t) d\rho_{ik}(x, t) + \left. \int_a^\beta |y_k^1(t) - y_k^2(t)| d\rho_{ik}(x, t) \right\} \leq \\ &\leq R_k(x) \|y_1 - y_2\| \quad (x \leq x \leq \beta, \quad k = 1, 2, \dots, n), \end{aligned} \quad (11)$$

откуда и следует утверждение теоремы.

3°. Сделаем несколько замечаний к теореме 1.

а) Условия теоремы в некотором смысле являются точными, как показывает следующий пример.

Рассмотрим уравнение

$$y'(x) = p(x) y(x+1), \quad 0 \leq x < +\infty, \quad (12)$$

где

$$p(x) = \begin{cases} 2(1-x) & \text{при } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{при } 1 < x < +\infty. \end{cases}$$

Легко проверить, что все непрерывные решения уравнения (12) непрерывно дифференцируемы и выражаются формулой

$$\begin{aligned} y(x) = \begin{cases} cx(2-x) & \text{при } 0 \leq x \leq 1 \\ c & \text{при } 1 < x < +\infty \end{cases} \quad (12') \\ (-\infty < c < +\infty). \end{aligned}$$

Все эти решения проходят через точку  $x=0$  и, таким образом, задача с начальными данными  $y(x_0) = y^0$  ( $x_0 \geq 0$ ) для уравнения (12) корректна лишь в случае  $x_0 > 0$ . К тому же выводу мы приходим, применив теорему 1, так как

$$\int_{x_0}^{\infty} R(t) dt = \int_{x_0}^{\infty} p(t) dt = (1-x_0)^2 \quad (0 \leq x_0 \leq 1).$$

б) Условия (1) могут выполняться для оператора  $V(x, \varphi)$  „в малом“, скажем, при

$$\|\varphi(x) - y^0\| \leq h \quad (h > 0). \quad (13)$$

Нетрудно видеть, что в этом случае теорема 1 остается справедливой, если

$$\left\| \int_{x_0}^x V_c(t, \varphi) dt \right\| \leq h \quad (x \leq x \leq \beta). \quad (13')$$

в) При фиксированном  $x_0$  решение задачи (5)–(6) непрерывно зависит от  $y^0$ . Зависимость от начальных данных будет непрерывной при  $|x_0 - x_1| \leq \delta$  ( $\delta > 0$ ), если на том же отрезке условия (8) выполняются равномерно.

г) Случай  $x_0 = \pm \infty$  (если  $\alpha = -\infty$  или  $\beta = +\infty$ ) не исключается.

д) При соответствующих условиях типа (1) аналогичную теорему можно доказать и в случае, когда оператор  $V(x, \varphi)$  зависит от значений функции  $\varphi(t)$  и ее производной („нейтральный“ тип).

§ 2. *Выделение вольтерровской части.* В дальнейшем остановимся на случае  $x_0 = \alpha$ .

1°. Обозначим  $V = V_+$ , если оператор  $V$  вольтерровский, т. е.  $\rho_{ik}(x, t) \equiv \text{const}$  при  $t > x$ . В этом случае, очевидно,  $\beta = b$  и задача (5)–(6) фактически является основной начальной задачей, для которой ограничение (8) оказывается лишним, как показывает следующее обобщение теоремы о существовании решения основной начальной задачи\*.

**Теорема 2.** *Если  $V = V_+$ , то задача (5)–(6) при  $x_0 = \alpha$  имеет единственное решение.*

**Доказательство.** Пусть

$$y_n(x) = y^0 + \int_{\alpha}^x V_c(t, y_{n-1}) dt \quad (\alpha \leq x \leq \beta, n \geq 1), \quad (14)$$

где  $y_0(x)$  — некоторая непрерывная на  $[\alpha, \beta]$  функция. Обозначив

$$\Delta_n(x) = \max_{\alpha \leq t \leq x} |y_n(t) - y_{n-1}(t)|, \quad (\alpha \leq x \leq \beta, n \geq 1), \quad (15)$$

из (1) и (14) получим

$$\Delta_n(x) \leq \int_{\alpha}^x A(t) \Delta_{n-1}(t) dt \quad (n \geq 1),$$

где функция  $A(x) = \int_{\alpha}^x d\rho(x, t)$ , согласно условию (1'), интегрируема

на  $(\alpha, \beta)$ . Следовательно,

$$\Delta_n(x) \leq \frac{\text{const}}{n!} \left[ \int_{\alpha}^{\beta} A(t) dt \right]^n \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty,$$

откуда и следует теорема.

\* Дальше ради краткости полагаем  $n = 1$ , хотя все нижеследующие результаты без труда распространяются на случай системы уравнений.

2°. Уточним теперь теорему 1 при  $x_0 = \alpha$ , выделяя в некотором смысле из оператора  $V$  вольтерровскую часть. Для этого введем вспомогательный оператор\*

$$V_*(x, \varphi_1, \varphi_2) = V_c(x, \varphi^*), \quad (\alpha \leq x \leq \beta), \quad (16)$$

где

$$\varphi^*(t) = \begin{cases} \varphi_1(t) & \text{при } \alpha \leq t \leq x \\ \varphi_2(t) & \text{при } x < t \leq \beta, \end{cases} \quad (16')$$

и обозначим

$$A(x) = \int_{\alpha}^{x+0} d\rho(x, t),$$

$$B(x) = \int_{x+0}^{\beta} d\rho(x, t) + \int_{\beta}^b \Psi(t) d\rho(x, t). \quad (17)$$

Теорема 3. Задача (5)–(6) имеет единственное решение при  $x_0 = \alpha$ , если

$$\theta = \int_{\alpha}^{\beta} B(t) \exp \left\{ \int_t^{\beta} A(t_1) dt_1 \right\} dt < 1. \quad (18)$$

Доказательство. Обозначим

$$y_n(x) = y^0 + \int_{\alpha}^x V_*(t, y_n, y_{n-1}) dt \quad (\alpha \leq x \leq \beta, n \geq 1), \quad (19)$$

где  $y_0(x)$  — некоторая непрерывная на  $[\alpha, \beta]$  функция. Последовательность  $\{y_n(x)\}_1^{\infty}$  существует и единственна в силу теоремы 2. Из (1), (16) и (17) получим

$$\Delta_n(x) \leq \int_{\alpha}^x A(t) \Delta_n(t) dt + \Delta_{n-1} \int_{\alpha}^x B(t) dt \quad (\alpha \leq x \leq \beta), \quad (20)$$

где  $\Delta_n(x)$  определяется формулой (15) и  $\Delta_n = \Delta_n(\beta)$ .

Из условия (18) и оценки (20) имеем

$$\Delta_n(x) \leq \Delta_{n-1} \int_{\alpha}^x B(t) \exp \left\{ \int_t^x A(t_1) dt_1 \right\} dt \leq \theta \Delta_{n-1} \quad (\alpha \leq x \leq \beta), \quad (20')$$

откуда  $\Delta_n \leq \theta^{n-1} \Delta_1 \rightarrow 0$  ( $n \rightarrow \infty$ ), т. е. последовательность  $\{y_n(x)\}_1^{\infty}$  равномерно сходится на  $[\alpha, \beta]$ , чем и заканчивается доказательство.

\* В этом построении  $V = V(x, \varphi)$  рассматривается как функционал, зависящий от параметра  $x$ .

3°. Особый интерес представляет случай  $-\infty \leq x < +\infty$ ,  $\beta = +\infty$ . В этом случае результаты Догса и Насра (2) значительно перекрываются теоремой 3, однако последнюю в некоторых случаях можно уточнить, полагая  $\theta = 1$ . Именно, пусть  $\rho(x, t) \equiv \text{const}$  при  $t > \gamma(x)$  ( $x \leq \gamma(x) < +\infty$ ). Обозначим  $\gamma_0(x) = x$ ,  $\gamma_n(x) = \gamma(\gamma_{n-1}(x))$  ( $n \geq 1$ ).

Теорема 3'. Если

$$\theta(x) = \int_a^x B(t) \exp \left\{ \int_t^x A(t_1) dt_1 \right\} dt < 1, \quad (a \leq x < +\infty) \quad (21)$$

$$\sum_{n=1}^{+\infty} \{1 - \theta(\gamma_n(x))\} = +\infty \quad (a \leq x < +\infty), \quad (22)$$

то задача (5)–(6) имеет единственное решение при  $x_0 = a$ .

Доказательство. Повторяя начало доказательства теоремы 3, вместо оценки (20') получим такую

$$\Delta_n(x) \leq \theta(x) \Delta_{n-1}(\gamma_1(x)) \leq \Delta_1 \prod_{k=0}^{n-1} \theta(\gamma_k(x)), \quad (a \leq x < +\infty). \quad (23)$$

В силу условий (21) и (22) произведение в правой части оценки (23) расходится к нулю при  $n \rightarrow \infty$  и равномерно ограничено единицей при  $a \leq x < +\infty$ , откуда и следует теорема.

4°. При исследовании функциональных уравнений

$$y(x) = L(x, y) \quad (a \leq x \leq \beta), \quad (24)$$

где оператор  $L$  зависит от значений функции  $y(x)$  на  $[a, \beta]$ , можно также выделить вольтерровскую часть, применив следующий метод последовательных приближений

$$y_n(x) = L^*(x, y_n, y_{n-1}) \quad (n \geq 1), \quad (24')$$

где оператор  $L^*$  строится из  $L$  по схеме (16)–(16') и функция  $y_0(x)$  задана. Существование функций  $y_n(x)$ , являющихся решениями вольтерровских уравнений, можно обеспечить соответствующими условиями (см., например, (5)).

Уточним теперь теорему 3, потребовав дополнительно, чтобы функция

$$\omega(x, t) = \int_a^x \rho(u, t) du \quad (a \leq x, t \leq \beta) \quad (25)$$

была абсолютно непрерывна по  $t$ .

Обозначим

$$K_1(x, t) = \frac{\partial}{\partial t} \omega(x, t); \quad K_n(x, t) =$$

$$= \int_a^x K_{n-1}(x, u) K_1(u, t) du, \quad n \geq 2, \quad a \leq t \leq x \leq \beta$$

$$R(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} K_n(x, t), \quad (26)$$

$$Q(x) = \int_a^{\beta} K(x, u) du + \int_a^{\beta} \Psi(t) d\rho(x, t).$$

Применив схему, приведенную в начале этого пункта, к оператору  $L$ , определяемому формулой (9), получим следующий результат.

**Теорема 4.** *Если*

$$Q(x) + \int_a^x R(x, t) Q(t) dt \leq \theta < 1 \quad (a \leq x \leq \beta), \quad (27)$$

*то задача (5)–(6) имеет единственное решение при  $x_0 = a$ .*

Как и в теореме 3', в некоторых случаях можно положить  $\theta = 1$ .

5°. В случае линейных уравнений теоремы 2–4 можно усилить. Рассмотрим, например, простейшее уравнение

$$y'(x) = a(x)y(x) + b(x)y(x+1) + c(x) \quad (x_0 \leq x < +\infty), \quad (28)$$

где

$$\int_{x_0}^{\infty} c(t) dt < +\infty. \quad (28')$$

Начальная задача  $y(x_0) = y^0$  для уравнения (28) имеет единственное непрерывное и ограниченное решение, если

$$\theta(x) = \int_{x_0}^x |b(t)| \exp \left\{ \int_t^x a(t_1) dt_1 \right\} dt < 1 \quad (29)$$

и

$$\sum_{n=0}^{\infty} \{1 - \theta(x+n)\} = +\infty, \quad x_0 \leq x < +\infty \quad (29')$$

(аналог теоремы 3'), или

$$\begin{aligned} \theta_1(x) = & \int_x^{x+1} |b(t-1)| dt + \int_{x_0}^x \int_t^{t+1} |b(t_1-1)| dt_1 |a(t) + b(t-1)| \times \\ & \times \exp \left\{ \int_t^x [a(t_1) + b(t_1-1)] dt_1 \right\} dt < 1 \end{aligned} \quad (30)$$

$$\text{II} \quad \sum_{n=0}^{\infty} \{1 - b_1(x+n)\} = +\infty \quad (x_0 \leq x < +\infty); \quad (30')$$

где принято  $b(x) \equiv 0$  при  $x < x_0$  (аналог теоремы 4).

В условии (29) учитывается знак функции  $a(x)$ , а в менее ограниченном условии (30) — знаки  $a(x)$  и  $b(x)$ . Подчеркнем, что при выполнении одного из этих условий обеспечена единственность лишь *ограниченного* решения, что хорошо иллюстрируется уравнением

$$y'(x) = 2xe^{-2x-1} y(x+1) \quad (-\infty < x < +\infty), \quad (31)$$

обладающим семейством неограниченных решений

$$y(x) = ce^{x^2} \quad (-\infty < c < +\infty, c \neq 0). \quad (31')$$

Институт математики и механики  
Академии наук Армянской ССР

Հ. Բ. ՆԵՐՍԵՍՅԱՆ

### Դիֆերենցիալ-ֆունկցիոնալ հավասարումների համադրի խնդրի մասին

Դիցուք  $V(x, \varphi) = \{V_k\}_1^n$  ( $\alpha < x < \beta$ ,  $n \geq 1$ ) օպերատորը սահմանված է  $[a, b]$  ( $-\infty < a < \alpha < \beta < b < +\infty$ ) հատվածի վրա սահմանափակ  $\varphi(t) = \{\varphi_k\}_1^n$  վեկտոր-ֆունկցիաների դասում և բավարարում է (1) պայմանին:  $[a, a]$  և  $[\beta, b]$  հատվածների վրա համապատասխանորեն սահմանենք  $\varphi(x, c)$  և  $\psi(x, c)$  վեկտոր-ֆունկցիաների ընտանիքները, որոնք բավարարում են (2) և (3) պայմաններին: Դիտարկվում է հետևյալ խնդիրը՝ գտնել  $y(x)$  ( $\alpha < x < \beta$ ) անընդհատ վեկտոր-ֆունկցիա, որը բավարարում է  $y(x_0) = y^0$  ( $\alpha < x_0 < \beta$ ,  $y^0 = \{y_k^0\}_1^n$ ) նախնական պայմանին և

$$y'(x) = V(x, y) \quad (\alpha < x < \beta)$$

հավասարմանը, ընդ որում այս հավասարման մեջ  $y(x)$  ֆունկցիան անընդհատորեն շարունակվում է  $[a, \alpha]$  և  $[\beta, b]$  հատվածների վրա  $\varphi$  և  $\psi$  ընտանիքների միջոցով:

Ստացված են նաև խնդրի լուծման գոյությունը և միակությունը ապահովող պայմաններ:  $x_0 = \alpha$  դեպքում սահմանափակումները դրախտորեն թուլացվում են:

### ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱՎԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> А. М. Зверкин, Г. А. Каменский, С. Б. Норкин и Л. Э. Эльсгольц, УМН, XVII, вып. 2 (104) 1962. <sup>2</sup> Sh. Doss, S. K. Nasr, Amer. J. Math. 75, № 4 (1953), 713—716. <sup>3</sup> А. Б. Штыкан, УМН, XIII, вып. 6 (84) (1958), 193—206. <sup>4</sup> А. М. Зверкин, Г. А. Каменский, С. Б. Норкин, УМН, XV, вып. 6 (96) (1960), 133—136. <sup>5</sup> А. Н. Тихонов, Бюлл. МГУ, 1, секция А, вып. 8 (1938), 1—25.



ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Г. И. Тер-Степанян

Графический и графо-аналитический методы расчета  
 цепных номограмм с параллельными шкалами

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 20/XII 1962)

*Статическая аналогия.* Для цепных номограмм с параллельными шкалами существует следующая статическая аналогия: „если рассматривать цепную номограмму с параллельными шкалами как невесомое твердое тело, а коэффициенты шкал заданных функций независимых переменных как параллельные силы, приложенные к этому телу, то коэффициент шкалы функции зависимой переменной может рассматриваться как равнодействующая всех приложенных сил“.

Эта аналогия вытекает из установленного автором одного общего свойства номограмм с параллельными шкалами для функции многих переменных <sup>(1)</sup>.

В настоящей работе описываются графический и графо-аналитический методы расчета цепных номограмм с параллельными шкалами, основанные на применении веревочного многоугольника. Хотя эти методы и могут быть применены к любому уравнению с  $n$  переменными, относящемуся ко второй канонической форме уравнений

$$\sum_{i=1}^{n-1} f_i(u_i) = f_n(u_n), \quad (1)$$

где  $u_i$  ( $i = 1, 2 \dots n-1$ ) заданные независимые переменные,  $u_n$  — зависимая переменная, а  $f_i$  ( $i = 1, 2 \dots n$ ) — непрерывные монотонные функции, разрешаемому в номограммах с параллельными шкалами, практически целесообразно применять их только к уравнениям, приводящимся к этому виду путем логарифмирования; как известно, в этих случаях шкалы имеют логарифмическую характеристику, что позволяет прибегнуть к логарифмическим шаблонам или даже к логарифмическим счетным линейкам для градуировки таких шкал.

*Графический метод.* Рассмотрим применение метода к уравнению, имеющему простой вид:

$$\frac{u_1 u_2 u_3 \dots}{u_k u_{k+1} \dots} = u_n,$$

которое после логарифмирования приводится к

$$\lg u_1 + \lg u_2 + \lg u_3 + \dots - \lg u_k - \lg u_{k+1} - \dots = \lg x_n.$$

Здесь  $u_i$  — независимые переменные или их простые тригонометрические функции, непрерывные и монотонные в заданных пределах изменения переменных. Градуирование шкал этих функций может быть произведено графическим методом, путем копирования соответствующих участков логарифмических линеек. В табл. 1 приведены значения коэффициентов шкал различных логарифмических линеек.

Таблица 1

Коэффициенты шкал логарифмических линеек в см<sup>-1</sup>

| Тип линеек   | Длина шкалы, см | Ш к а л ы  |              |            |                    |
|--------------|-----------------|------------|--------------|------------|--------------------|
|              |                 | нормальная | квадратичная | кубическая | тригонометрическая |
| Прецизионная | 100             | 0,01       | 0,02         | 0,03       | 0,01               |
| Большая      | 50              | 0,02       | 0,04         | 0,06       | 0,02               |
| Обыкновенная | 25              | 0,04       | 0,08         | 0,12       | 0,04               |
| Карманная    | 15              | 0,067      | 0,133        | 0,20       | 0,067              |
| Карманная    | 12,5            | 0,08       | 0,16         | 0,24       | 0,08               |

Назначаем коэффициенты шкал каждой из функций независимых переменных, руководствуясь заданными пределами изменения этих переменных, имеющимся набором логарифмических линеек и желательными размерами номограммы; кроме того, подберем коэффициенты шкал таким образом, чтобы сумма коэффициентов шкал заданных функций также отвечала коэффициенту шкалы одной из имеющихся линеек. (Не обязательное условие, так как применением графических методов можно получить логарифмическую шкалу, обладающую любым коэффициентом шкалы).

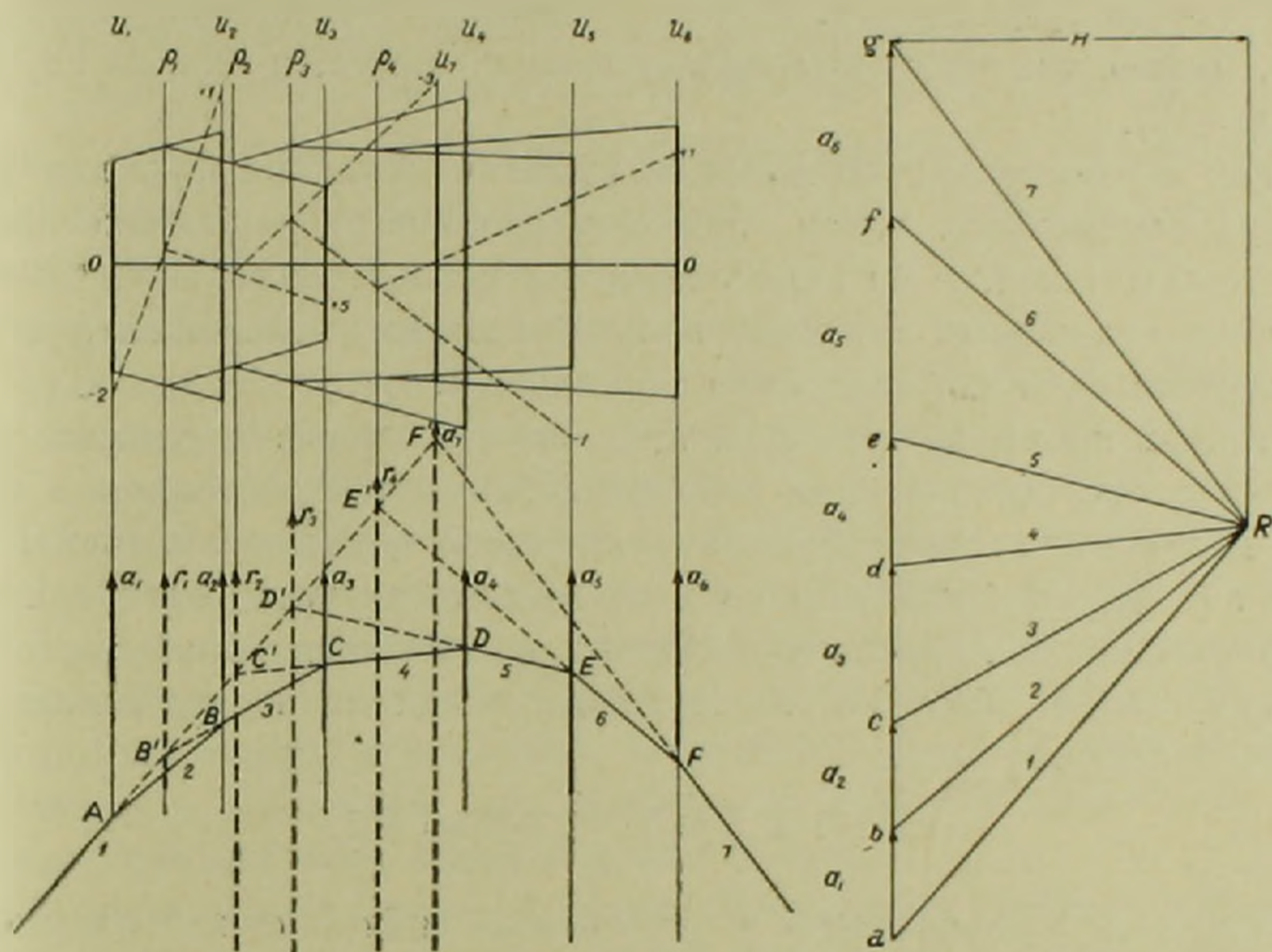
На поле чертежа располагаем вертикальные линии — носители шкал заданных функций независимых переменных. При их размещении руководствуемся соображениями наилучшего использования места. Полученный чертеж представляет собой поле сил (фиг. 1а).

Отдельно строим вертикальную прямую, на которой в выбранном масштабе последовательно откладываем коэффициенты шкал заданных функций независимых переменных (фиг. 1б). На произвольном расстоянии  $H$  выбираем точку  $R$  и соединяем ее с концами отрезков, представляющими коэффициенты шкал функций. Полученное построение представит собой план сил. Затем на поле сил строим веревочный многоугольник, проводя его через произвольную точку на первой вертикальной линии — носителе шкалы первой функции независимой переменной.

Точки пересечения первого луча с каждым последующим лучем будут лежать на вертикалях, через которые должны быть проведены носители шкал вспомогательных переменных, а точка пересечения

этого же луча с последним лучем определит собой положение носителя шкалы функции зависимой переменной.

С целью увеличения угла, образуемого крайними диагональными положениями разрешающей прямой с направлениями шкал, целесообразно центрировать шкалы номограммы, иными словами, располагать их в поле чертежа таким образом, чтобы середины их лежали на одной прямой, перпендикулярной к носителям шкал. Как известно, чем острее угол встречи разрешающей прямой с отметкой шкалы, тем больше геометрическая погрешность нахождения ответной точки.



Фиг. 1

Зная коэффициенты шкал функции, выбираем соответствующие шкалы логарифмических линеек, находим на них пометки точек, отвечающие заданным пределам переменных, и измеряем масштабной линейкой расстояние между этими пометками. Они представят собой длины шкал.

На чертеже (поле сил) проводим прямую  $ОО$ , перпендикулярную к направлению шкал, и откладываем на носителях шкал полученные длины шкал заданных функций независимых переменных так, чтобы середины шкал пришлись на этой прямой (фиг. 1а).

Для того чтобы копировать шкалы, достаточно знать пометки хотя бы одной из точек на каждой шкале. Такими точками являются концы шкал, отвечающие заданным пределам переменных.

Одновременно помечаем на носителе шкал положение *начала логарифмических шкал*, с которых производится копирование, и надписываем около этих точек значения логарифмической функции. Если, например, градуируется шкала функции  $\lg x$ , коэффициент шкалы ко-

торой равен 0,02 и пределы изменения переменной  $400 < x < 750$ , то берем нормальную шкалу большой линейки (табл. 1), находим на ней пометки 4 и 7,5 и с помощью масштабной линейки измеряем расстояние между этими точками (13,65 см); эту длину шкалы делим пополам и откладываем на обе стороны от центральной линии ОО; получаем концы шкалы. Затем копируем участок линейки, заключенный между пометками 4 и 7,5. Кроме этого, показываем на носителе шкалы точку, отвечающую пометке 1 (начало логарифмической шкалы), независимо от того, находится ли эта точка в пределах интересующего нас участка (от 4 до 7,5) или нет. Рядом с точкой, отвечающей началу линейки, пишем значение логарифмической функции, в данном случае 2 ( $\lg 100 = 2$ ).

Так же поступаем со всеми остальными шкалами функции независимых переменных. Затем проводим крайние разрешающие прямые через концы шкал, и на пересечении их с носителями шкал соответствующих суммарных функций получаем концы этих шкал функции, в том числе функции зависимой переменной.

Теперь проводим разрешающие прямые через сделанные нами пометки точек, отвечающие началам логарифмических шкал, и получаем на носителе шкалы функции зависимой переменной точку. Значение логарифмической функции в этой точке получаем алгебраическим суммированием значений, надписанных на носителях шкал слагаемых функций. Так, на фиг. 1а это значение получено в результате следующего суммирования:

$$-2 + 1 + 5 - 3 - 1 + 1 = +1.$$

Наконец, прикладываем в полученной точке начало логарифмической линейки, коэффициент шкалы которой равен сумме коэффициентов шкал слагаемых функций, и производим копирование градуировки участка между концами шкалы функции зависимой переменной. Для получения пометок точек этой шкалы принимаем в расчет значение логарифмической функции в точке, где приложено начало логарифмической линейки. Так, если логарифмическая функция в такой точке имела значение „+1“, как на фиг. 1а, то пометка этой точки равна 10, соответственно получают пометки и остальных точек.

**Графо-аналитический метод.** Если номографируемое уравнение имеет более общий вид:

$$[F_1(u_1)]^{m_1} [F_2(u_2)]^{m_2} \dots [F_{n-1}(u_{n-1})]^{m_{n-1}} = F_n(u_n),$$

где  $u_i (i = 1, 2 \dots n - 1)$  заданные независимые переменные,  $u_n$  — зависимая переменная,  $m_i (i = 1, 2 \dots n - 1)$  любые положительные или отрицательные числа, а  $F_i (i = 1, 2 \dots n)$  линейные или тригонометрические функции, непрерывные и монотонные в заданных пределах изменения переменных, то оно путем логарифмирования приводится к виду (1).

где 
$$f_i(u_i) = m_i \lg F_i(u_i) \quad (i = 1, 2 \dots n).$$

В этом случае удобнее прибегнуть к графо-аналитическому методу.

Предварительно по заданным пределам изменения переменных  $(u_i)_1$  и  $(u_i)_2$  должны быть вычислены наименьшее  $f_i(u_i)_1$  и наибольшее  $f_i(u_i)_2$  значения функций независимых переменных. Наименьшее значение функции соответствует проксимальному пределу переменной, а наибольшее ее значение — дистальному пределу переменной. Затем вычисляются интервалы  $\Delta_i$  функций независимых переменных  $f_i(u_i)$ , назначаются величины графических коэффициентов шкал  $e_i$  согласно табл. 1, вычисляются расчетные коэффициенты шкал  $a_i$  и определяются длины  $h_i$  этих шкал. Действия удобно производить в таблице (столбцы 1—11) (табл. 2). Аналогичные величины для шкалы функции зависимой переменной  $f_n(u_n)$  получаются суммированием в том порядке, как это показано в нижней строке таблицы.

Для контроля правильности расчета вычисляется интервал  $\Delta_n$  функции зависимой переменной, как разность наибольшего и наименьшего значений функции этой переменной, и полученный результат сравнивается с величиной интервала этой функции, полученной путем суммирования значений интервалов функций независимых переменных.

Затем можно перейти к построениям описанным выше методом. Контролем правильности построения является совпадение концов шкалы функции зависимой переменной, полученной путем непосредственного построения и найденной при проведении крайних положений разрешающих прямых всех звеньев номограммы.

Градуирование шкал функции производим описанным способом. Если уравнение имеет самый общий вид (1), то градуирование шкал придется вести по уравнениям. В этом случае в табл. 2 должны быть вычислены также уравнения шкал (столбец 12).

При построении цепной номограммы графическим или графо-аналитическим методами целесообразно идти обратным путем — вначале построить план сил, а затем перейти к полю сил и последовательно строить линии носителей шкал, выбирая их положение таким образом, чтобы удобнее разместить носители шкал вспомогательных переменных и функции зависимой переменной. В частности, таким путем можно легко осуществить частичное слияние носителей шкал вспомогательных переменных с носителями шкал функции независимых переменных и, устранив таким образом часть немых шкал, добиться компактности номограммы и лучшего использования площади чертежа, без ущерба для точности.

Для слияния носителя шкалы любой вспомогательной переменной с носителем шкалы функций независимой переменной следует на поле сил через точку пересечения первого луча с носителем шкалы функции независимой переменной провести луч, соответствующий коэффициенту шкалы этой суммарной вспомогательной переменной, и вести

Таблица 2

Алгоритм к графо-аналитическому методу построения цепных номограмм с параллельными шкалами

| Переменные | Вид функции | Пределы переменных |            | Значения функции                           |                                            | Показатель степени | Интервал функции                | Коэффициент шкалы |                              | Длина шкалы             | Уравнение шкалы                           |
|------------|-------------|--------------------|------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|
|            |             | проксимальный      | дистальный | наименьшее                                 | наибольшее                                 |                    |                                 | графический       | расчетный                    |                         |                                           |
| 1          | 2           | 3                  | 4          | 5                                          | 6                                          | 7                  | 8                               | 9                 | 10                           | 11                      | 12                                        |
| $u_l$      | $f_l(u_l)$  | $(u_l)_1$          | $(u_l)_2$  | $f_l(u_l)_1$                               | $f_l(u_l)_2$                               | $m_l$              | $A_l = f_l(u_l)_2 - f_l(u_l)_1$ | $e_l$             | $a_l = e_l m_l$              | $h_l = \frac{A_l}{a_l}$ | $y_l = \frac{f_l(u_l) - f_l(u_l)_1}{a_l}$ |
| $u_n$      | $f_n(u_n)$  | $(u_n)_1$          | $(u_n)_2$  | $f_n(u_n)_1 = \sum_{l=1}^{n-1} f_l(u_l)_1$ | $f_n(u_n)_2 = \sum_{l=1}^{n-1} f_l(u_l)_2$ | 1                  | $A_n = \sum_{l=1}^{n-1} A_l$    | $e_n = a_n$       | $a_n = \sum_{l=1}^{n-1} a_l$ | $h_n = \frac{A_n}{a_n}$ | $y_n = \frac{f_n(u_n) - f_n(u_n)_1}{a_n}$ |
| Контроль   | —           | —                  | —          | —                                          | —                                          | —                  | $A_n = f_n(u_n)_2 - f_n(u_n)_1$ | —                 | —                            | —                       | —                                         |

этот луч на поле сил до пересечения с предыдущим лучом. Точка пересечения указанных двух лучей определит собой положение носителя шкалы соответствующей функции независимой переменной.

## ԳԵՈՐԳ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ

### Ձևագրված սանդղակներով ցրաչափական նոմոգրամների հաշվման գրաֆիկ և գրաֆո-անալիտիկ եղանակ

Հեղինակը հաստատել է հետևյալ անալոգիան. «Եթե զուգահեռ սանդղակներով շղթայական նոմոգրամը դիտարկել է որպես անկշիռ կարծր մարմին, իսկ տրված անկախ փոփոխականների ֆունկցիաների սանդղակների գործակիցները որպես զուգահեռ ուժերի սխեմա կիրառված այդ մարմնի վրա, ապա կախյալ փոփոխականի սանդղակի գործակիցը կարելի է դիտել որպես բոլոր կիրառված ուժերի համագործը»:

Այս անալոգիան հեղինակին հնարավորություն է տալիս մշակելու զուգահեռ սանդղակներով շղթայական նոմոգրամների հաշվման սլարանային բաղմանկյան օգտագործման վրա հիմնված գրաֆիկ և գրաֆո-անալիտիկ եղանակ:

Թեպետև այս եղանակները կարող են օգտագործվել Ռ-փոփոխականներով հավասարումների երկրորդ կանոնիկական ձևին վերաբերվող, զուգահեռ սանդղակներով նոմոգրամների լուծելիս կամայական հավասարման նկատմամբ, բայց պրակտիկորեն նպատակաշարմար է նրանց օգտագործել այն հավասարման նկատմամբ, որոնք լողարիթմիկու ճանապարհով վերածվում են այդ ձևին: Այս դեպքում հնարավոր է օգտագործել ֆունկցիաների սանդղակների աստիճանավորման գրաֆիկ եղանակը:

Տրված անկախ փոփոխականների զուգահեռ սանդղակները կամայականորեն դասավորվում են դժադրի հարթության վրա և կատարվում է սանդղակների գործակիցների, որպես ուժերի գրաֆիկական գումարումը (գծ. 1). սրա համար կառուցվում է սլարանային բաղմանկյունի:

Պարանային բաղմանկյան առաջին ճառագայթի և յուրաքանչյուր հաջորդ ճառագայթի հատման կետերը դնելով են ուղղաձիգների վրա, որոնցով անցնում են օժանդակ ֆունկցիաները կրող սանդղակները, իսկ վերջին ճառագայթի հատման կետը որոշում է կախյալ փոփոխական ֆունկցիան կրող սանդղակի դիրքը:

Կախյալ փոփոխականի ֆունկցիաների սանդղակի ծայրակետերի դիրքը որոշվում է տրված անկախ փոփոխականներով ֆունկցիաների սանդղակների համապատասխան ծայրակետերով անցնող հաջորդական լուծող ուղիների միջոցով:

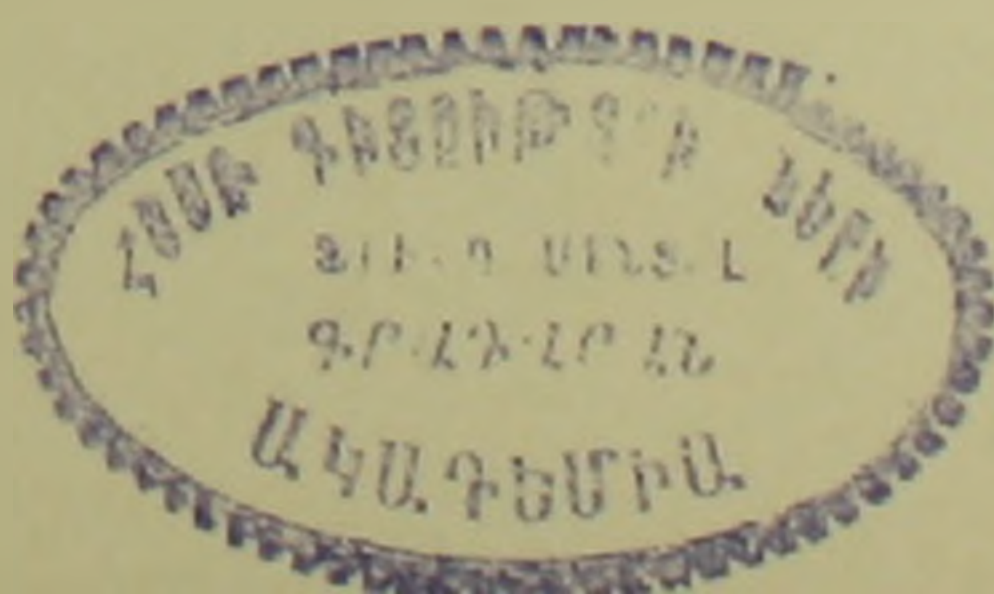
Լողարիթմական ֆունկցիաների հանրահաշվական գումարը ներկայացնող հավասարումների համար, շղթայական նոմոգրամների լուծման գրաֆիկ եղանակը կատարվում է առանձնահատուկ արդյունավետությամբ:

Գրաֆո-անալիտիկ մեթոդը կարող է դառնել օգտագործում ավելի բարդ հավասարումների համար նոմոգրամների դեպքում, այս եղանակում որպես հավելացում գրաֆիկական կառուցման (գծ. 1.) կազմած է կախյալ փոփոխականներով ֆունկցիաների սանդղակների հիմնական սլարամետրերի հաշվման աղյուսակը:

Աշխատանքում ցույց է տրված օժանդակ ֆունկցիաների սանդղակների և տրված անկախ փոփոխականներով ֆունկցիաների սանդղակների միաձուլման եղանակը, նաև հաշվման և կառուցման ասույզման եղանակը, հիմնված զուգահեռ առնչությունների օգտագործման վրա:

## ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> Г. И. Тер-Степанян, Об одном общем свойстве номограмм с параллельными шкалами для функции многих переменных. ДАН АрмССР, 1950, 12 (1): 3—8.





СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Э. Е. Хачиян

К изучению нелинейных колебаний сооружений при  
сильных землетрясениях

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 17/XI 1962)

В настоящее время расчет сооружений на сейсмостойкость производится по так называемой спектральной кривой, которая представляет собой зависимость максимального ускорения линейного осциллятора с одной степенью свободы от периода ее свободных колебаний при землетрясении. Изучение спектральных кривых, полученных на основе реальных акселерограмм сильных землетрясений, показывает (<sup>1</sup>), что они дают повышенные значения для сил инерции. Поэтому имеется сильное расхождение между расчетными нормативными значениями сейсмических сил и их значениями по спектральной кривой. С другой стороны, обследование последствий сильных землетрясений показывает, что значительная часть зданий и сооружений, спроектированных по нормативным значениям сейсмических сил, остается неповрежденной или мало поврежденной при сильных землетрясениях. Следовательно, при сложном динамическом воздействии землетрясения сопротивляемость сооружения, по-видимому, нельзя определить лишь одной спектральной кривой. Очевидно, что для полного и правильного представления о поведении сооружения необходимо учесть его реальную работу при сильных землетрясениях. К этим реальным условиям, на наш взгляд, относятся прежде всего динамическое взаимодействие сооружения с грунтом, нелинейная зависимость между восстанавливающими силами и перемещениями сооружения и, наконец, появление допустимых остаточных деформаций, т. е. работы сооружения в упруго-пластической стадии. Все эти факторы с физической точки зрения должны повысить сопротивляемость сооружения сильным движениям почвы. Совместный учет всех факторов приводит к сложным нелинейным дифференциальным уравнениям математической физики. С другой стороны, отдельный учет различных факторов имеет важное практическое и теоретическое значения.

В настоящей статье исследуется влияние нелинейной зависимости между восстанавливающей силой и перемещением на величину инерционной сейсмической нагрузки.

Дифференциальное уравнение колебания системы с одной степенью свободы при колебаниях ее основания по произвольному закону  $y_0(t)$  будет

$$my'' + \gamma y' + R(y) = -my_0''(t), \quad (1)$$

где  $\gamma$ —коэффициент затухания,  $m$ —масса сосредоточенного груза,  $R(y)$ —нелинейная восстанавливающая сила. В дальнейшем упругую систему будем принимать „мягкой“, что соответствует экспериментальным данным работы строительных конструкций, и полагать

$$R(y) = k(y - \varepsilon y^3). \quad (2)$$

Таким образом, уравнение движения (1) примет вид

$$my'' + \gamma y' + k(y - \varepsilon y^3) = -my_0''(t). \quad (3)$$

Уравнение (3) можно переписать в виде

$$y'' + \frac{2\pi}{T} \alpha y' + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 (y - \varepsilon y^3) = -y_0''(t), \quad (4)$$

где приняты обозначения:

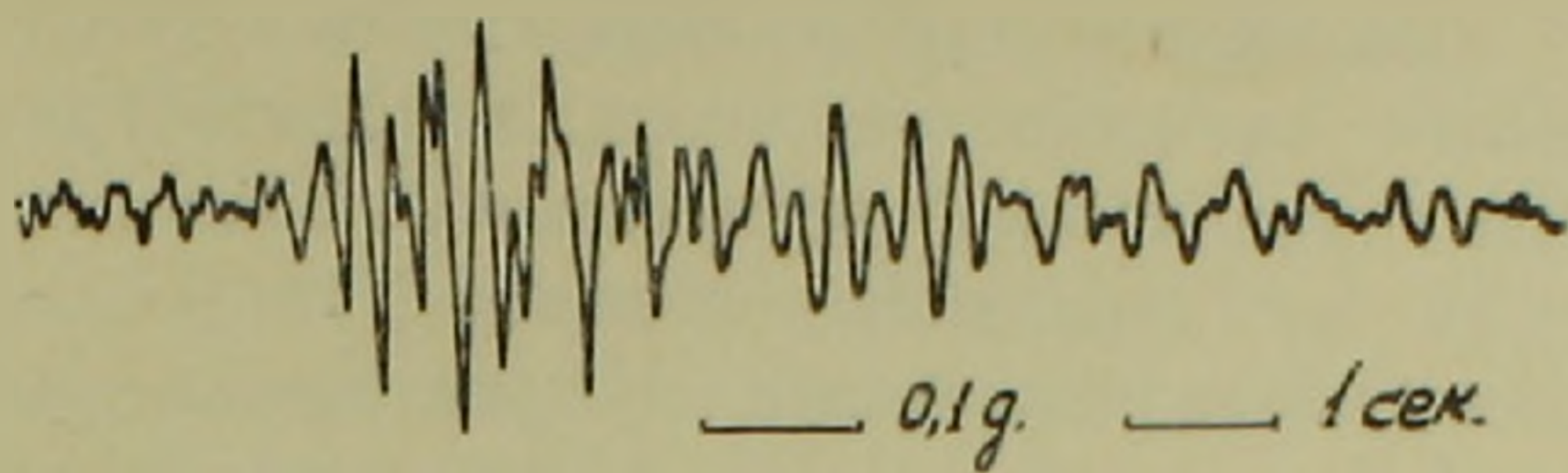
$$\frac{\gamma}{m} = \frac{2\pi}{T} \alpha, \quad \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{2\pi}{T}. \quad (5)$$

Здесь  $\alpha$ —коэффициент внутреннего трения\*,  $T$ —период свободных колебаний соответствующей линейной системы,  $\varepsilon$ —некоторый параметр нелинейности. Уравнением (4) можно воспользоваться только для таких значений перемещения  $y$ , при которых  $R(y)$  по абсолютной величине возрастает. Для данного максимального значения  $y^{\max}$  значение  $\varepsilon$  согласно уравнению (2) должно определяться неравенством

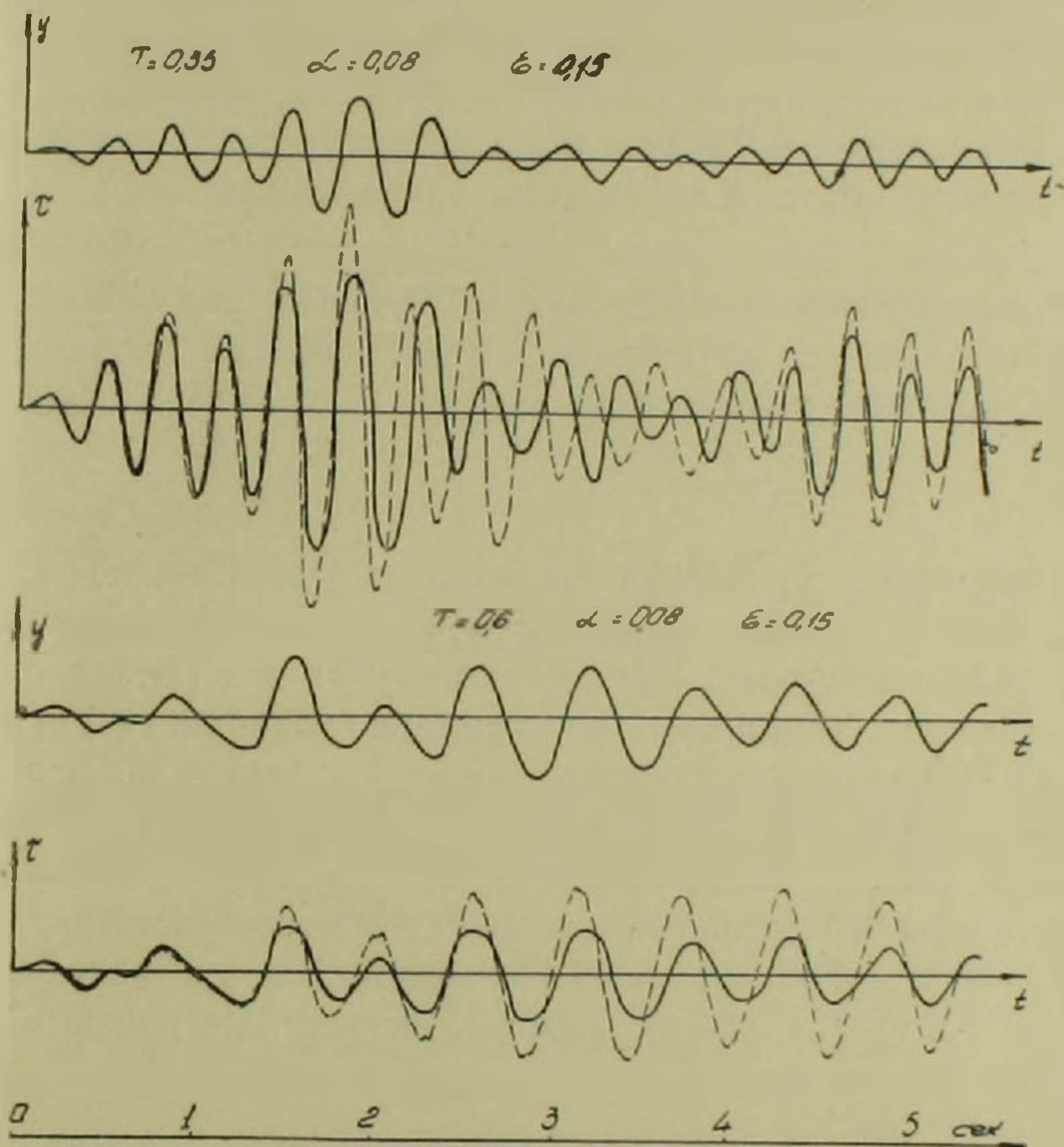
$$\varepsilon < \frac{1}{3(y^{\max})^2}. \quad (6)$$

При значениях  $\varepsilon$  больше (6) восстанавливающая сила начинает убывать, что не соответствует физической сущности задачи, и, следовательно, пользоваться уравнением (4) нельзя. Для малых значений  $T$ , при которых получаются малые значения  $y^{\max}$ , можно взять большие значения  $\varepsilon$ , а для больших значений  $T$ —наоборот. В качестве закона почвы, т. е.  $y_0''(t)$ , принимали реальную акселерограмму (фиг. 1) сильного землетрясения от 9.III.1949, оцениваемого 8 баллов<sup>(1)</sup>. Очевидно, что максимальные значения  $y$  зависят также от функции  $y_0''(t)$ , так что выбор коэффициента нелинейности  $\varepsilon$  зависит как от периода свободных колебаний  $T$ , так и от акселерограммы землетрясения. Эти обстоятельства сильно затрудняют выбор коэффициента  $\varepsilon$ . При вычислениях мы пошли по пути попыток.

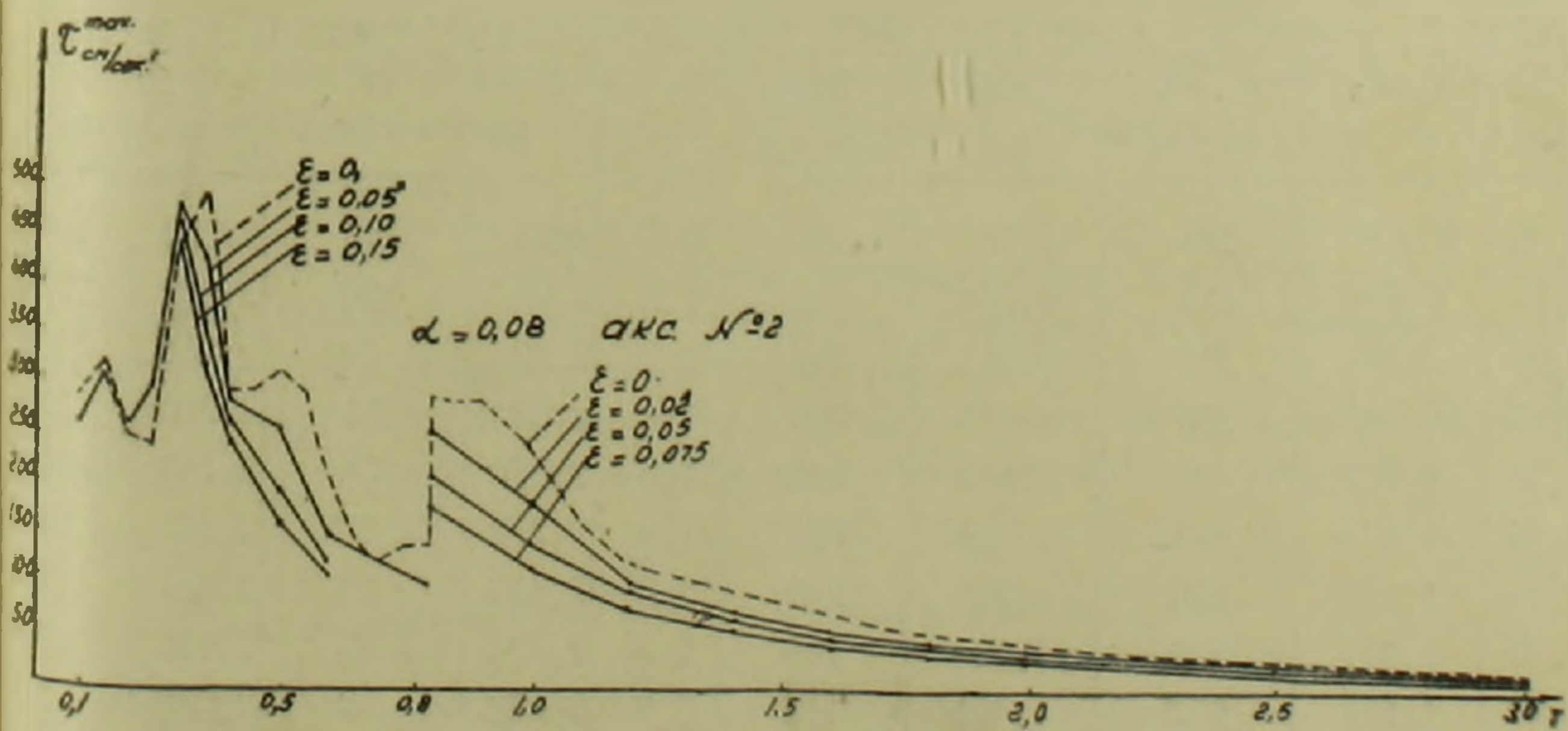
\* Декремент затухания  $\delta = 2\pi$  для простоты принимаем независимым от напряжения.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Решения нелинейного дифференциального уравнения (4) даже при гармонической возмущающей силе в элементарных функциях неизвестны. При гармонической возмущающей силе имеется несколько приближенных методов интегрирования (4) (2-3). Но отсутствие аналитического выражения закона колебания почвы  $y_0^*(t)$  делает невозможным решение уравнения (4) приближенными методами. Поэтому интегрирование уравнения (4) при возмущающей силе, имеющей вид акселерограммы (фиг. 1), осуществлялось при помощи электронной вычислительной машины в Вычислительном центре Академии наук Армянской ССР. Сначала акселерограмма в интервале времени  $0 \leq t \leq 5,4$  сек. через 0,023 сек. была разбита на 230 участков, и для каждого участка были измерены значения силовой функции  $y_0^*(t)$ . Далее, при заданных значениях коэффициентов  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  и  $T$  были получены решения уравнения (4) в соответствующих 230 точках. Для определения величины силы инерции, возникающей в системе, необходимо знать значение полного ускорения

$$\tau(T, \alpha, \varepsilon, t) = y_0^*(t) + y''(t). \quad (7)$$

При интегрировании уравнения (4) были получены также эти значения  $\tau(T, \alpha, \varepsilon, t)$ . Таким образом, при фиксированных значениях  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  и  $T$  было получено 230 значений  $y(t)$  и  $\tau(t)$ . На фиг. 2 построены графики изменения во времени величин  $y(t)$  и  $\tau(t)$ , где пунктирная линия соответствует линейному случаю, т. е. при  $\varepsilon = 0$  (1). Максимальные значения  $y(t)$  и  $\tau(t)$  для  $\alpha = 0,08$  при различных  $T$  приведены в табл. 1. Значения  $y^{\max}$  и  $\tau^{\max}$  при  $\varepsilon = 0$  взяты из (1). На фиг. 3 построены спектральные кривые  $\tau^{\max}(T)$  соответственно пунктирным при  $\varepsilon = 0$  и сплошной линиям на основании уравнения (4), причем кривые после  $T > 0,8$  сек. для наглядности построены в два раза увеличенном масштабе.

Таблица 1

| T в сек. | $\varepsilon = 0$  |                                         | $\varepsilon = 0,15$ |                                         | T в сек. | $\varepsilon = 0$  |                                         | $\varepsilon = 0,05$ |                                         |
|----------|--------------------|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|----------|--------------------|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
|          | $y^{\max}$<br>в см | $\tau^{\max}$<br>в см/сек. <sup>2</sup> | $y^{\max}$<br>в см   | $\tau^{\max}$<br>в см/сек. <sup>2</sup> |          | $y^{\max}$<br>в см | $\tau^{\max}$<br>в см/сек. <sup>2</sup> | $y^{\max}$<br>в см   | $\tau^{\max}$<br>в см/сек. <sup>2</sup> |
| 0,10     | 0,058              | 294                                     | 0,067                | 265                                     | 0,8      | 2,349              | 145                                     | 2,529                | 108                                     |
| 0,15     | 0,185              | 325                                     | 0,183                | 317                                     | 1,0      | 3,036              | 120                                     | 2,952                | 73                                      |
| 0,20     | 0,252              | 252                                     | 0,261                | 257                                     | 1,2      | 2,336              | 64                                      | 2,260                | 48                                      |
| 0,25     | 0,387              | 245                                     | 0,485                | 300                                     | 1,4      | 2,534              | 51                                      | 2,300                | 35                                      |
| 0,30     | 1,012              | 444                                     | 1,444                | 442                                     | 1,6      | 2,466              | 38                                      | 2,163                | 26                                      |
| 0,35     | 1,515              | 499                                     | 1,425                | 325                                     | 1,8      | 2,298              | 28                                      | 2,349                | 21                                      |
| 0,40     | 1,206              | 298                                     | 1,434                | 219                                     | 2,0      | 2,433              | 24                                      | 2,411                | 17,5                                    |
| 0,50     | 2,019              | 319                                     | 2,244                | 169                                     | 2,5      | 2,376              | 15                                      | 2,015                | 10,5                                    |
| 0,60     | 1,887              | 207                                     | 1,481                | 114                                     | 3,0      | 2,052              | 9                                       | 2,078                | 7,5                                     |

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что учет нелинейности для  $0,1 \leq T \leq 0,3$  при  $\varepsilon = 0,15$  почти не влияет на  $\tau^{\max}$ . Это, по-видимому, можно объяснить тем, что при малых значениях  $T$  получаются очень малые значения перемещения  $y$  и разница между восстанавливающими силами при линейных колебаниях  $R(y) = ky$  и нелинейных колебаниях  $R(y) = k(y - \varepsilon y^3)$  ничтожна. Наверное, заметные расхождения для этих значений  $T$  можно получить при больших значениях  $\varepsilon$ . С другой стороны, так как при нелинейной восстанавливающей силе  $R(y) = k(y - \varepsilon y^3)$  период колебания системы увеличивается, для этих значений  $T$  возможны и некоторые увеличения  $\tau^{\max}$ . Для  $T \geq 0,3$  сек. учет нелинейности существенно снижает значения  $\tau^{\max}$ , как это видно из табл. 1 и фиг. 3. Это снижение в среднем составляет от 1,3 до 1,5 раза.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что учет реальной работы сооружения, обусловленной в нелинейной зависимости между напряжением и деформацией, вскрывает значительные резервы несущей способности сооружения.

Армянский НИИ  
стройматериалов и сооружений

Է. Ե. ԽԱՉԻՅԱՆ

**Ուժեղ երկրաշարժների ժամանակ կառուցվածքների ոչգծային առանցումների ուսումնասիրության ցուցք**

Հոդվածում ուսումնասիրվում է մեկ ազատության աստիճան ունեցող առաձգական սխեմի տատանումները ուժեղ երկրաշարժի ակսելերոգրամայի հիման վրա, երբ տատանման ժամանակ առաջացող վերականգնող ուժերի և տեղափոխումների միջև գոյություն ունի (2) ոչգծային կապը: Շարժման դիֆերենցիալ հավասարումը ունի (4) վերջնական տեսքը, սրտեղ  $T$ —սխեմի տատանման պարբերությունն է,  $\varepsilon$ —ներքին շիման զործակիցը, իսկ  $\tau$  ոչգծայնության պարամետրը: Երբ  $\varepsilon = 0$  սխեմը վերածվում է գծայինի, որը ուսումնասիրված է [1]: Որպես արտաքին ստիպողական ուժ վերցված է նկ. 1 ցուցադրված ակսելերոգրաման: Տրված  $T$ ,  $\alpha$  և  $\varepsilon$  պարամետրների դեպքում (4) հավասարման ինտեգրումը իրականացվել է Հայկական ՍՍՌ Հաշվողական կենտրոնում էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի օգնությամբ: Տեղափոխումների և բերված արագացումների (7) ձաքսիմալ արժեքները տարբեր  $T$ -երի և  $\varepsilon$ -երի դեպքում բերված են աղյուսակ 1, որտեղ համեմատության համար բերված են նաև նույն արժեքները դժային սխեմի համար, այսինքն՝ երբ  $\varepsilon = 0$ : Բերված տվյալները ցույց են տալիս, որ ոչգծայնության հաշվին զգալիորեն փոքրանում են բերված մաքսիմալ արագացումները: Ոչգծային հանգամանքը ակնհայտ երևում է նաև նկ. 3 կառուցված սպեկտրալ կորերից, որտեղ կետագծով ցույց է տրված սպեկտրալ կորը դժային տատանումների դեպքում:

Այսպիսով, աշխատանքի արդյունքները ցույց են տալիս, որ ոչգծային տատանումները հաշվին ի հայտ են գալիս կառուցվածքի կրողունակության զգալի սլաշարներ:

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

<sup>1</sup> Э. Е. Хачиян, Известия АН Армянской ССР (серия техн. наук), т. XV, № 3, (1962). <sup>2</sup> Г. Каудерер, Нелинейная механика, ИЛ, М., 1961. <sup>3</sup> Дж. Стокер, Нелинейные колебания в механических и электрических системах, ИЛ, М., 1953.



ПРИКЛАДНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

А. М. Мхитарян

О теплообмене в водоемах

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. В. Егиазаровым 29/XI 1962)

Вопросу изучения теплообмена в воде уделяется большое внимание. В частности для оз. Севан он рассмотрен в ряде работ (1, 2, 6, 8, 11, 12). В работе (3) приводятся результаты по определению коэффициента поглощения для прозрачных и мутных водоемов. Некоторые общие вопросы рассмотрены в работах (4, 5, 9-12).

Как известно (8), уравнение теплового баланса может быть записано в следующем виде

$$R = LE + P + B, \quad (1.1)$$

где  $R$  — радиационный баланс;  $LE$  — затраты тепла на испарение ( $E$ );  $L$  — теплота парообразования;  $P$  и  $B$  — теплообмен с атмосферой и нижележащими слоями, соответственно.

Уравнение (1.1) может служить различным целям. Если все величины, входящие в это уравнение, определяются независимыми методами, уравнение может быть использовано для контроля. В других случаях из этого уравнения можно определить любую из составляющих баланса, если известны остальные.

Уравнению (1.1) можно придать часто встречающийся вид

$$R - B \cong LE \left( 1 + 0,52 \frac{\Delta T}{\Delta e} \right), \quad (1.2)$$

если воспользоваться известным (6, 12) соотношением Боуэна. Заметим, что

$$B = -c^* \rho^* k^* \frac{\partial T^*}{\partial z}, \quad (1.3)$$

$$\Delta T = T_0 - T_2; \Delta e = e_0 - e_2,$$

причем  $c^*$ ,  $\rho^*$ ,  $k^*$ ,  $T^*$  — теплоемкость, плотность, коэффициент обмена и температура воды; ось  $z$  направлена вертикально вниз;  $T_0$  — температура поверхности воды;  $e_0$  — упругость насыщения при этой температуре;  $T_2$  и  $e_2$  — температура и влажность воздуха на некоторой высоте.

Поскольку все величины, входящие в (1.2), кроме  $E$  и  $B$ , легко определяются по непосредственным наблюдениям, выражение (1.2) может быть использовано для определения одной из величин —  $E$  или  $B$ , если известна другая.

Если написать упрощенное уравнение (7, 8) турбулентной теплопроводности в виде ( $t$  — время)

$$\frac{\partial T^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k^* \frac{\partial T^*}{\partial z} \right) \quad (2.1)$$

и проинтегрировать его по  $z$  по всей глубине водоема —  $H$ , получим

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_0^H T^*(z, t) dz = \left( k^* \frac{\partial T^*}{\partial z} \right) \Big|_0^H. \quad (2.2)$$

Вспомогая соотношение (1.3), легко получим

$$B = c^* \rho^* \frac{\partial}{\partial t} \int_0^H T^*(z, t) dz - c^* \rho^* \left( k^* \frac{\partial T^*}{\partial z} \right) \Big|_H. \quad (2.3)$$

Последний член в этом соотношении выражает теплообмен воды с грунтом, пренебрегая которым, получим

$$B = c^* \rho^* \frac{\partial}{\partial t} \int_0^H T^*(z, t) dz. \quad (2.4)$$

Введя среднюю по вертикали температуру  $T_{cp}^*(t)$ , получим

$$B = c^* \rho^* H \frac{dT_{cp}^*}{dt}. \quad (2.5)$$

Или приближенно

$$B \cong c^* \rho^* H \frac{T_{cp}^{**} - T_{cp}^{**'}}{t'' - t'}, \quad (2.6)$$

где  $T_{cp}^{**}$  и  $T_{cp}^{**'}$  — средние по вертикали значения температуры воды в моменты времени  $t'$  и  $t''$ . Формула (2.6) может служить для определения турбулентного теплообмена, если известны средние по вертикали значения температуры воды в различные моменты времени.

Если же исходить из более полного уравнения (7, 8)

$$\frac{\partial T^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k^* \frac{\partial T^*}{\partial z} \right) + \frac{S_0 (1 - A) \alpha}{c^* \rho^*} e^{-\alpha z}, \quad (2.7)$$

легко получить

$$B = c^* \rho^* H \frac{dT_{cp}^*}{dt} + S_0 (1 - A). \quad (2.8)$$

Здесь  $S_0$  — суммарная солнечная радиация;  $A$  — альбеда водной поверхности;  $\alpha$  — коэффициент поглощения или ослабления солнечной

радиации в воде. Формула (2.8) может быть использована для определения  $B$  в прозрачных водоемах.

М. П. Тимофеев <sup>(11, 12)</sup> предложил способ определения  $B$  по средним метеорологическим данным. Способ этот заключается в следующем. Если осреднить уравнение теплового баланса (1.1) для большого промежутка времени, когда среднее значение теплообмена очень мало, можно написать

$$\overline{R} = L\overline{E} + \overline{P} \tag{2.9}$$

(черточка сверху означает осреднение). Тогда, исходя из диффузионной теории, из (2.11) можно определить среднее значение коэффициента турбулентного обмена в приземном слое атмосферы за тот же промежуток осреднения. Используя полученное значение этого коэффициента в (1.1), можно определить  $B$ .

Расчеты показали <sup>(12)</sup> неплохую оправдываемость этого способа, несмотря на его приближенный характер.

Теплообмен в воде может быть определен также непосредственно из уравнения (1.1) как остаточный член, если испарение определяется по методу водного баланса. В этом случае

$$B = R - LE_b \left( 1 + a_0 \frac{\Delta T}{\Delta e} \right). \tag{3.1}$$

Можно воспользоваться также формулами <sup>(6)</sup>

$$E_r = a (b + U_2) (e_0 - e_2), \tag{3.2}$$

$$E_a = a_1 U_2 (e_0 - e_2), \tag{3.3}$$

полученными гидрометеорологическим методом (метод береговых испарителей) и диффузионным методом. Здесь  $U_2$  — скорость ветра;  $a$ ,  $a_1$  и  $b$  — известные величины.

Наконец, при наличии тщательных измерений профиля температуры воды у поверхности можно определить  $B$  непосредственно по формуле

$$B = -c^* \rho^* \left( k^* \frac{\partial T^*}{\partial z} \right) \Big|_{z=0}. \tag{3.4}$$

Градиент температуры у поверхности очень трудно измерять, поэтому лучше определить его по предложенной нами схеме <sup>(8)</sup>.

*Примеры.* Расчеты проводились для случаев различных значений параметров:  $k_1$  — коэффициент обмена у поверхности воды;  $\alpha$  — коэффициент поглощения;  $h$  — глубина, до которой коэффициент обмена линейно уменьшается.

Ниже приведена сводка параметров для расчета градиента температуры.

| Случаи                       | $I_1$             | $I_2$             | $I_3$             | $I_4$             | $I_5$             | $I_6$             | $I_7$             | $I_8$             |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $k_1, \text{м}^2/\text{сек}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-4}$ |
| $\alpha, \text{м}^{-1}$      | 0,4               | 0,4               | 0,8               | 0,8               | 0,4               | 0,4               | 0,8               | 0,8               |
| $h, \text{м}$                | 20                | 20                | 20                | 20                | 30                | 30                | 30                | 30                |

Во всех случаях на больших глубинах коэффициент обмена принят равным  $10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек.}$

На фиг. 1 для примера представлен годовой ход безразмерного градиента температуры воды у поверхности для первых двух случаев, при  $S \neq 0$  (кривые 1 и 2) и для случаев  $I_{1-3}$ ,  $I_{6-8}$  при  $S = 0$  (кривые 3 и 4). Чтобы перейти к размерным градиентам, в  $^{\circ}\text{C}/\text{м}$ , достаточно помножить безразмерные градиенты на величину, равную 0,25 для случая  $h = 20 \text{ м}$  ( $I_1-I_4$ ) и 0,167 для случая  $h = 30 \text{ м}$  ( $I_5-I_8$ ).

Воспользуясь результатами расчета по предложенной схеме и некоторыми данными приведенной таблицы, по формуле (3.4) рассчитали годовой ход теплообмена в воде для условий оз. Севан.

Эти результаты представлены на фиг. 2 в виде кривых 1—4. Далее, по формуле (3.1), данным о радиационном балансе из (12), несколько уточненным, а также по величине испарения, определенной по методу водного баланса (6), для условий оз. Севан был подсчитан теплообмен в воде. Эти результаты также нанесены на фиг. 2 в виде кривой 5.

Турбулентный теплообмен был подсчитан также по формуле (2.6) для некоторых гидрологических вертикалей оз. Севан, для которых имеются достаточно хорошие средние многолетние профили температуры воды для различных месяцев. Результаты расчета для двух вертикалей также нанесены на фиг. 2 — треугольными точками для вертикали № 9 (глубина 36—38 м) и прямоугольными точками для вертикали № 2 (глубина 18—20 м).

Отметим следующее. Если ввести величину

$$\mu(t) = \frac{T_{cp}}{T_0}, \quad (4.1)$$

где  $T_0$  — температура поверхности воды, оказывается, что  $\mu$  зависит в основном от времени. Изменяется  $\mu$  также при переходе от одной вертикали к другой, т. е.  $\mu$  зависит также от глубины. Эти зависимости представлены на фиг. 3.

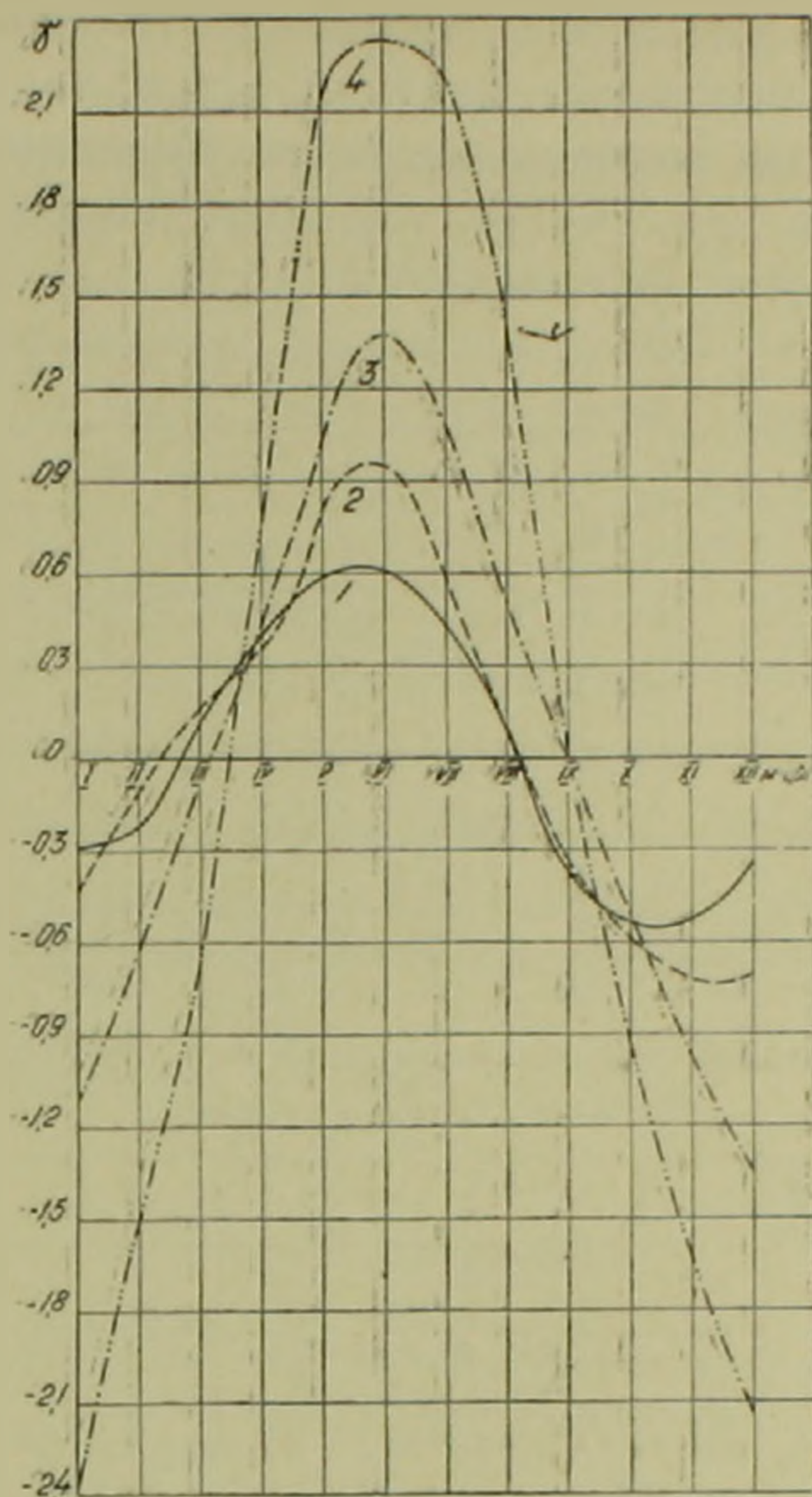
Анализ полученных результатов позволяет сделать ряд выводов.

1. Для прозрачных водоемов необходимо учесть проникающую радиацию. Неучет этого фактора приводит к очень большим вертикальным температурным градиентам. Это хорошо видно, если сравнивать кривые 3 и особенно 4 с 1 и 2 на фиг. 1.

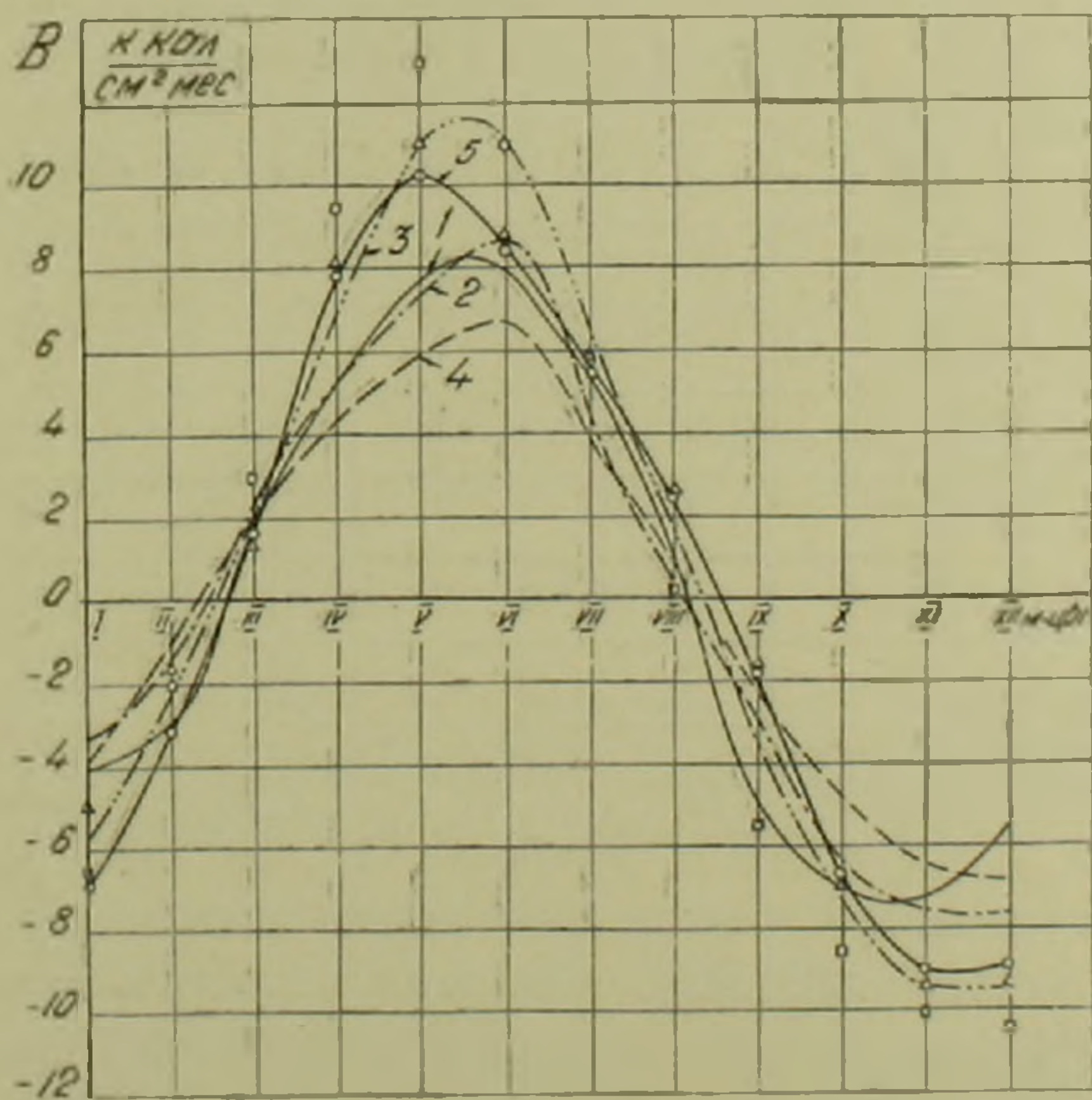
2. Учет зависимости коэффициента обмена от времени, помимо глубины, особенно не улучшает результаты расчета, зато осложняет их. В этом убеждают расчеты, не приведенные здесь за недостатком места.

3. Приемлемые результаты получаются при расчетах по приближенной схеме М. П. Тимофеева.

4. Расчеты изменения теплосодержания по профилям температуры (формулы (2.5) и (2.8)) связаны с некоторыми затруднениями, хотя полученные результаты хорошо согласуются с результатами расчета по

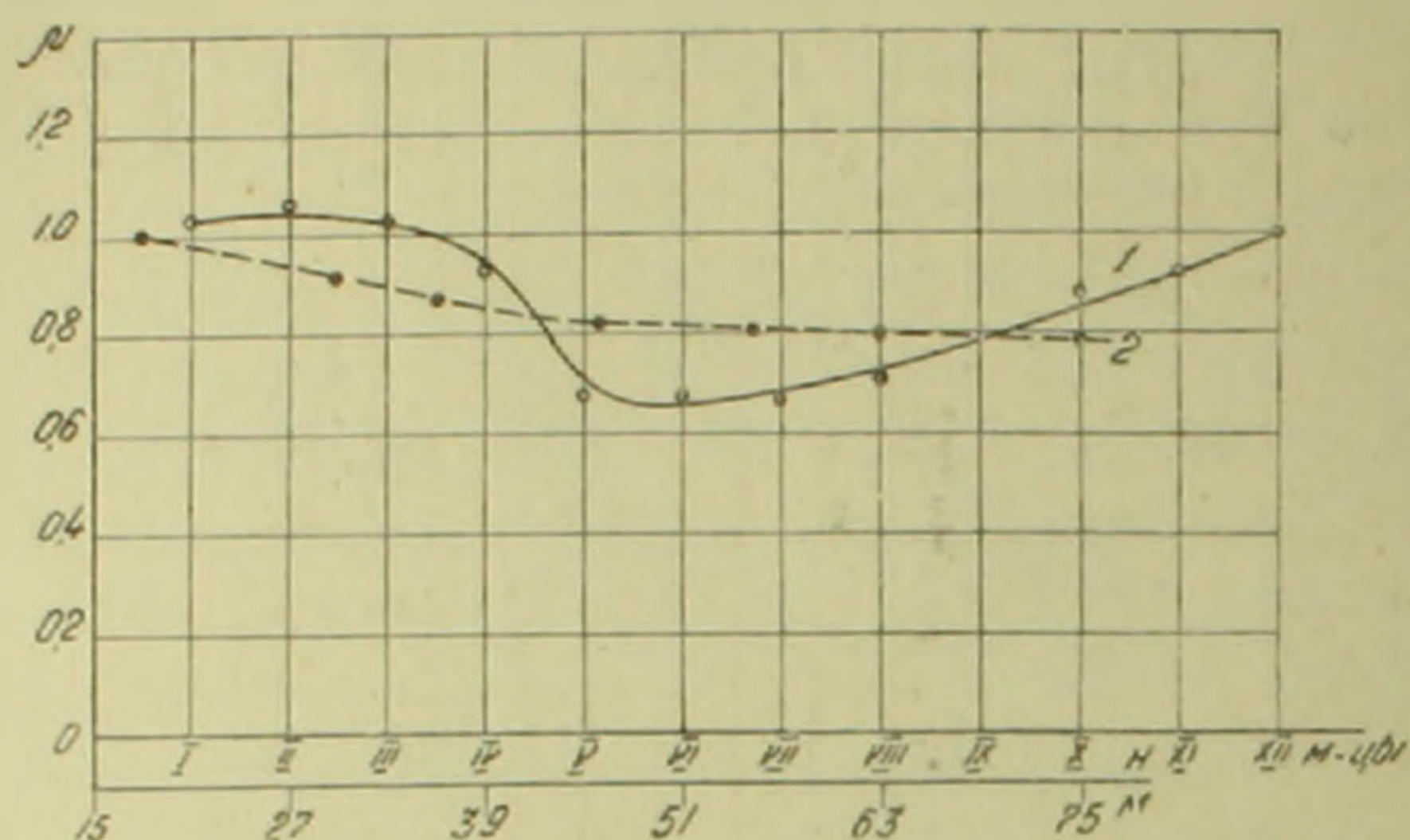


Фиг. 1. Годовой ход градиента температуры у поверхности воды. Номера по табл. 1.

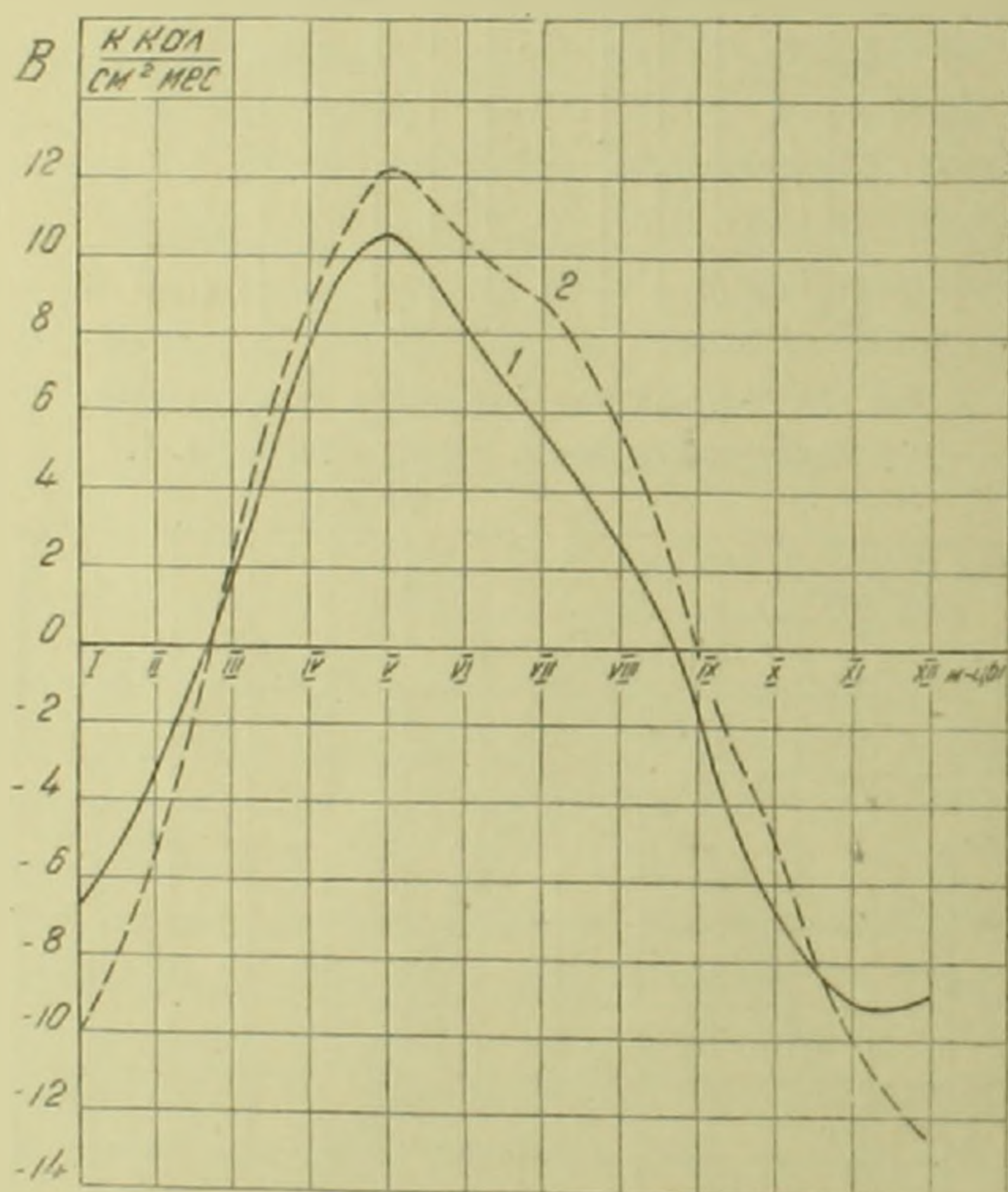


Фиг. 2. Годовой ход теплообмена в воде для оз. Севан. 1— $I_1$ ; 2— $I_2$ ; 3— $I_3$ ; 4— $I_4$ ; 5— по водному и тепловому балансам;  $\Delta$ —вертикаль—9;  $\square$ —вертикаль—2.

другим методам. Здесь следует отметить, что, по-видимому, достаточно в первом приближении иметь профили температуры на некоторой характерной для водоема вертикали, имеющей глубину порядка средней его глубины или, точнее, имеющей  $\mu$  по (4.1), очень близким к среднему для водоема его значению.



Фиг. 3. Годовой ход величины  $\mu$  (1) и ее зависимость от глубины (2) для оз. Севан.



Фиг. 4. Сравнение годового хода теплообмена в воде для оз. Севан, 1—по автору; 2—по М. П. Тимофееву.

5. Как показывает фиг. 2, результаты расчета по водно-тепловому методу хорошо согласуются с результатами расчета по схеме 1, а точки для вертикали 9, имеющей глубину порядка средней глубины водоема, хорошо ложатся на кривые, рассчитанные указанными методами.

Воспользуясь этими результатами, а также привлекая формулу М. П. Тимофеева, получили средний многолетний годовой ход турбулентного теплообмена {в воде для условий оз. Севан ( $B$ ). Эти результаты представлены на фиг. 4.

Основное различие заключается не только в том, что месячные суммы по их абсолютному значению в <sup>(12)</sup> преувеличены. Главное состоит в том, что по этой последней схеме среднее годовое значение теплообмена в воде за многолетний период оказалось отличным от нуля. Это противоречит физической сущности определения {теплообмена, согласно которой должно быть  $\bar{B} = 0$ , иначе это приведет к постепенному и все большему накоплению тепла в водоеме при  $B > 0$ , т. е. к повышению температуры, или к остыванию водоема при  $B < 0$ . Поскольку среднее годовое значение температуры водоема в многолетнем разрезе не меняется, должно быть  $\bar{B} = 0$ . Результаты расчета по нашей схеме полностью согласуются с этим утверждением.

Институт водных проблем  
Академии наук Армянской ССР

Ա. Ա. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ

### Ջրամբարներում ջերմափոխանակության մասին

Հոդվածում համառոտակի շարադրված է ջրամբարներում կատարվող տուրբուլենտ ջերմափոխանակության որոշման տարրեր մեթոդները, որոնք հիմնված են ջերմային բալանսի (1.2) հավասարման լուծման վրա, կամ պահանջում են ունենալ ջերմաստիճանի բազմաթիվ պրոֆիլներ: Ցույց է տրվում, թե ինչպես կարելի է համատեղ օգտագործել ջրամբարի ջրային և ջերմային բալանսների հավասարումները: Իրա համար անհրաժեշտ է ջրային բալանսի միջոցով որոշել գոլորշիացումը, իսկ ջերմային բալանսի (3.1) հավասարումից գտնել ջերմափոխանակումը: Գոլորշիացման որոշման համար կարելի է օգտագործել նաև դիֆուզիոն տեսությունից և գոլորշիացնողների մեթոդով ստացված (3.2) և (3.3) արտահայտությունները: Ջերմափոխանակումը կարելի է որոշել նաև (3.4) բանաձևով:

Վերջում բերվում են որոշ արդյունքներ: Նկ. 2-ի վրա ներկայացված են հաշվարկի արդյունքները տարրեր դեպքերի համար, ընդ որում (5) կորով՝ ջրա-ջարմային բալանսի մեթոդով ստացված: Նկ. 3-ի վրա ներկայացված է (4.1) արտահայտությամբ ստացված մեթոդյան տարեկան ընթացքը և նրա կապը խորության հետ, նկ. 4-ի վրա համեմատվում են Սևանա լճի պայմանների համար կատարված հաշվարկների արդյունքները Մ. Պ. Տիմոֆեևի և հոդվածում առաջարկված մեթոդներով: Վերջում բերվում են համառոտ եզրակացություններ:

### ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> В. К. Давыдов, Материалы по исследованию оз. Севан, ч. II, вып. 1, 1933.  
<sup>2</sup> В. К. Давыдов, Материалы по исследованию оз. Севан, ч. II, 1938. <sup>3</sup> Т. В. Кириллова, и Р. Ф. Бюриз, Тр. ГТО, вып. 78, 1958. <sup>4</sup> А. Г. Колесников, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 11, 1960. <sup>5</sup> А. М. Мхитарян, ДАН АрмССР, т. 30, № 4, (1960).  
<sup>6</sup> А. М. Мхитарян, Результаты комплексных исследований по Севанской проблеме, т. I. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1961. <sup>7</sup> А. М. Мхитарян, О минимальной глубине оз. Севан. Там же. <sup>8</sup> А. М. Мхитарян, Изв. АН АрмССР, сер. ФМ, т. XV, № 6, 1962. <sup>9</sup> Л. В. Несина, Тр. ГТО, вып. 59, 1956. <sup>10</sup> Л. В. Несина. Там же. <sup>11</sup> Л. В. Несина, М. П. Тимофеев, Тр. лаборатории озераведения, АН СССР, т. XI, 1959. <sup>12</sup> М. П. Тимофеев, (ред.) Метеорологический режим оз. Севан, Гидрометеониздат, 1960.



А. Ш. Галстян

### Об инаktivации ферментов в почве

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 23/XI 1962)

Вопросы инаktivации ферментов в почве слабо изучены. В литературе имеются данные лишь по изменению активности почвенных ферментов под влиянием органических и неорганических соединений (<sup>1-5</sup>).

Выяснено, что некоторые из них ингибируют действие ферментов, другие активизируют. Применение ингибиторов дает возможность выявить и определить природу активных групп ферментов и характерные особенности их действия в почве.

Изучение вопросов естественной инаktivации будет способствовать познанию интенсивности и направленности ферментативных процессов в почве, для оценки ее биологической активности. Исходя из этого, мы пытались выяснить некоторые вопросы инаktivации ферментов в почве. С этой целью ферментативные препараты инвертазы, амилазы, уреазы и пероксидазы вносили в различные типы почв и следили за ходом их инаktivации:

а) горный, выщелоченный, тяжелосуглинистый чернозем — Лорийская степь; гумус по Тюрину 8,7%, рН водной суспензии 5,5; активность ферментов (на 1 г почвы за сутки, пероксидаза за 30 мин.): инвертаза — 32,8 мг глюкозы, амилаза — 4,1 мг мальтозы, уреазы — 3,5 мг аммиака, пероксидаза — 0,1 коэффициент экстинкции пурпургалина;

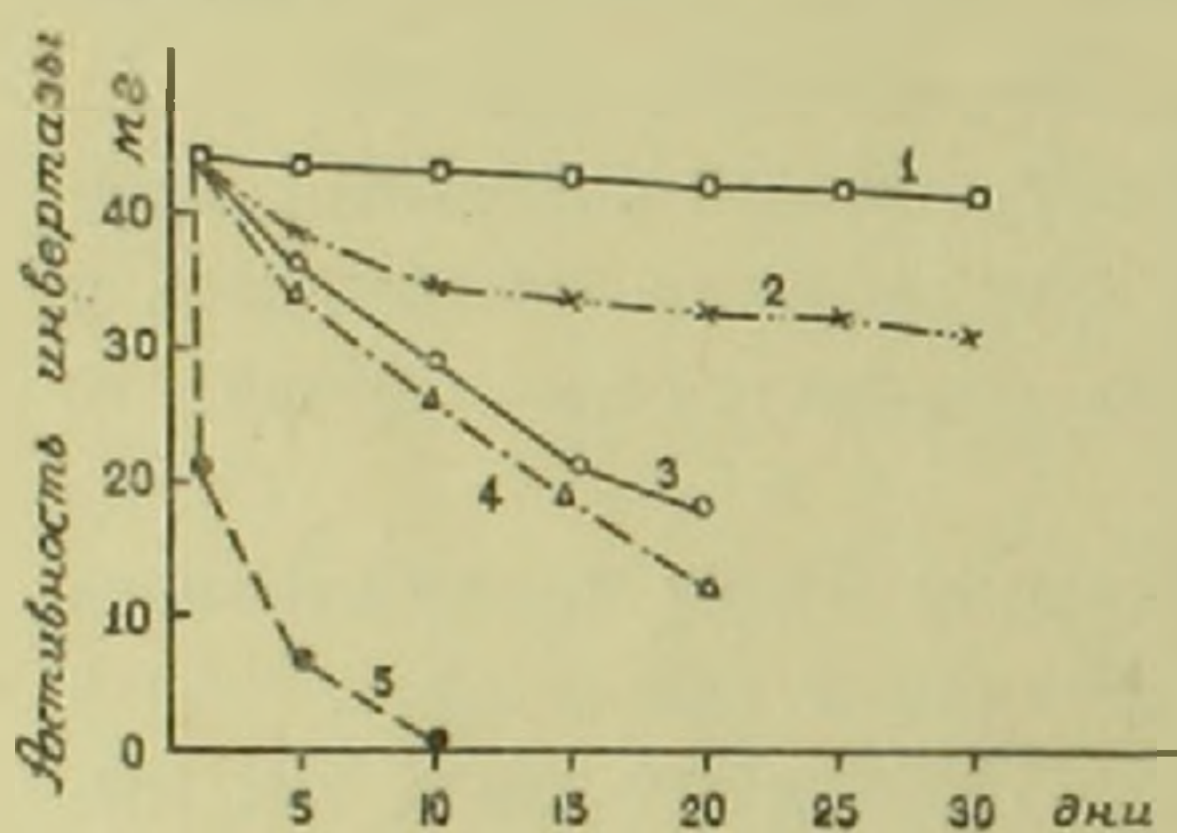
б) горный, карбонатный, среднесуглинистый чернозем, Ленинанское плато; гумус 5,1%, рН 7,6, карбонатность 4,0%; активность ферментов: инвертаза — 18,4 мг глюкозы, амилаза — 2,5 мг мальтозы, уреазы — 1,6 мг аммиака, пероксидаза — 0,25 к. э. пурпургалина;

в) каштановая, карбонатная, суглинистая, Спитакский район; гумус 3,4%, рН 8,2, карбонатность 7,6%; активность ферментов: инвертаза — 12,4 мг глюкозы, амилаза — 1,2 мг мальтозы, уреазы — 0,9 мг аммиака, пероксидаза — 0,27 к. э. пурпургалина;

г) солончак содовый, сульфатно-хлоридно-натриевый, целинный, Октемберянский район; общее содержание солей 3%, гумус 0,44%, рН 10; активность инвертазы, амилазы, уреазы и пероксидазы равна нулю.

Образцы почв брались летом из пахотного слоя из-под озимой пшеницы. Почвы очищали от камней и корней, определяли исходную активность их ферментов, которая учитывалась при проведении опытов. Затем в кристаллизаторах к почвам (100 г) отдельно добавлялись ферментные препараты с определенной исходной активностью. Опыты проводились при комнатной температуре. Влажность почвы сохранялась близко к полевой влагоемкости. Во избежание роста водорослей к почвам добавлялся толуол — в качестве антисептика. Определение активности ферментов в почвах и в препаратах производилось через каждый пятый день со дня постановки опытов.

Ферментативный препарат инвертазы приготавливался из прессованных дрожжей (6). Перед внесением в почву устанавливалась его исходная активность. Активность инвертазы определялась учетом редуцирующих сахаров по Бертрану. В течение опыта активность ферментного препарата инвертазы изменялась незначительно (фиг. 1). В то время как такая же активность инвертазы, внесенной в почвы, инактивировалась в различной степени.



Фиг. 1. Изменение активности инвертазы. 1—ферментативный препарат; 2—выщелоченный чернозем; 3—карбонатный чернозем; 4—каштановая почва; 5—солончак.

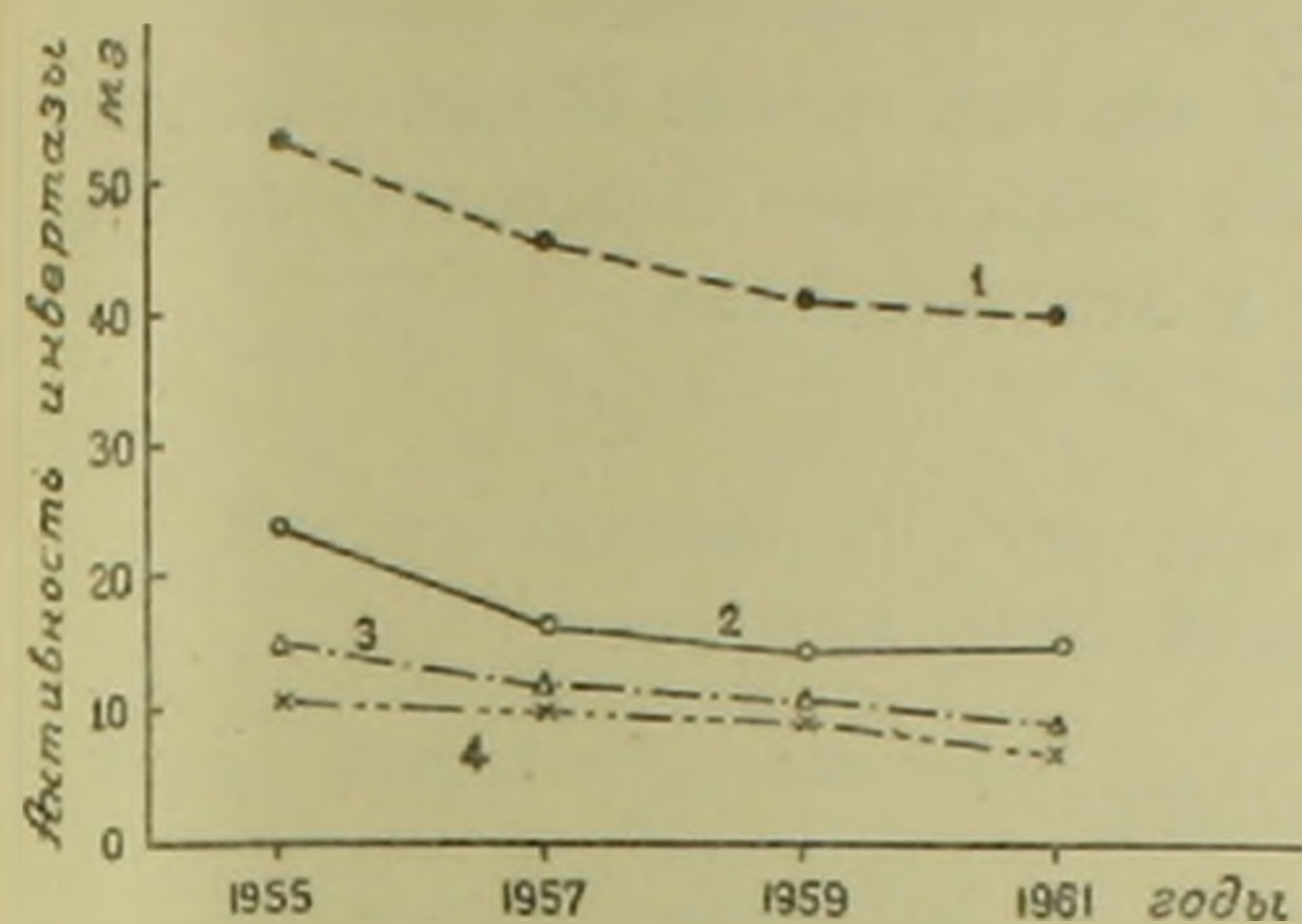
Сравнительно медленная инактивация инвертазы происходит в выщелоченном черноземе. Это в основном обусловлено активной реакцией самой почвы — pH 5,5. Она по своему значению очень близка к оптимальной pH действия инвертазы в почве, которая находится в кислой зоне pH 4,5—5,0. Отсутствие карбонатности и засоленности почвы способствует накоплению инвертазы, поэтому выщелоченные черноземы имеют сравнительно высокую активность. В связи с содержанием карбонатов, следовательно, и высокой pH инвертаза инактивируется быстро. В карбонатном черноземе и в каштановой почве ход инактивации инвертазы почти одинаковый, pH этих почв очень близки и находятся в щелочной зоне. Быстрая инактивация инвертазы происходит в солончаке, этому способствует высокий показатель pH—10 и значительное содержание солей. Кроме того, в результате высокого содержания натрия эта почва сильно диспергирована и имеет очень плохие механические свойства. Поэтому в естественных условиях в ней инвертаза не накапливается.

Активность инвертазы самих почв (контрольные) в течение опыта почти не изменялась. Вообще активность инвертазы почвы очень медленно инактивируется (фиг. 2). В течение семи лет активность инвертазы в сухой почве инактивировалась на 25—40%.

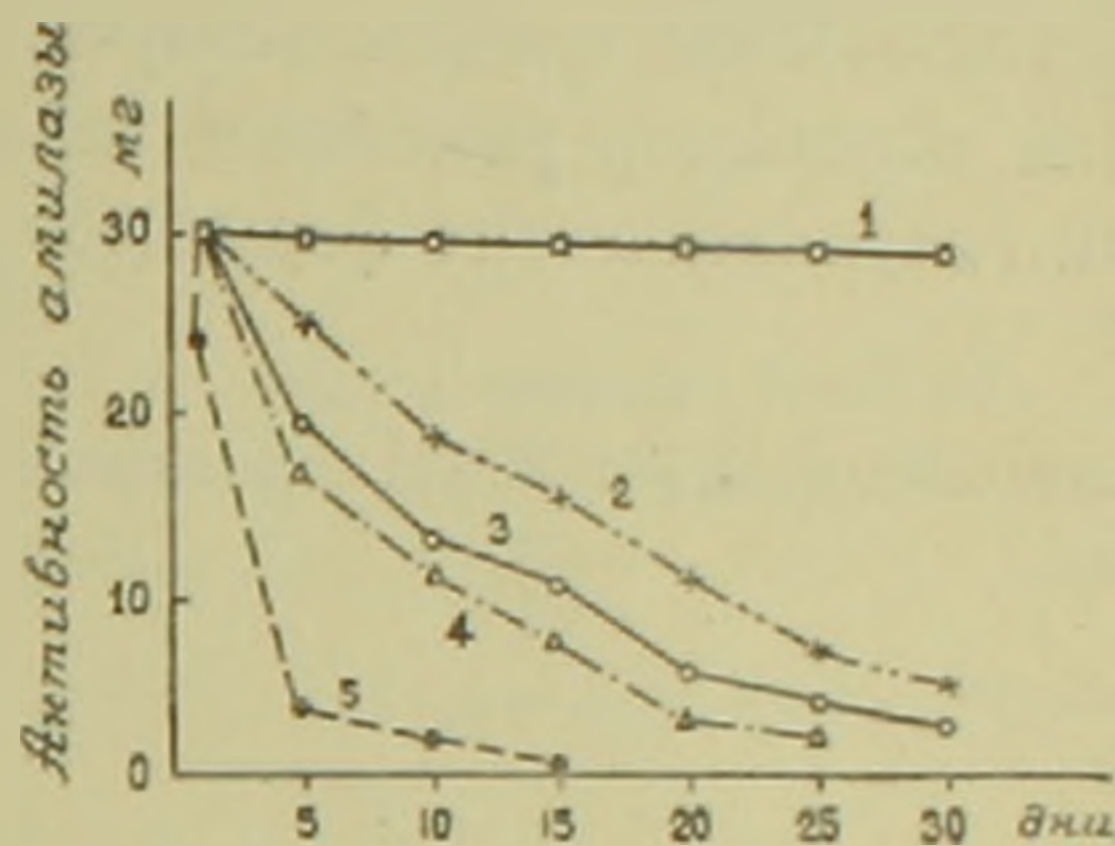
Из карбогидраз в почвах изучалась также инактивация амилазы. Ферментативный препарат амилазы подготавливался из ячменного солода (6). Суммарная активность  $\alpha$  и  $\beta$  амилазы в почвах и в ферментативной вытяжке определялась с помощью 2% крахмального клейстера. В течение

опыта амилаза в препарате инактивировалась незначительно, а в почвах очень сильно (фиг. 3).

Характер инактивации амилазы в почве сходен с инвертазой. Оптимальная рН действия амилазы также лежит в кислом интервале рН 5,6—6,0. Поэтому в выщелоченном черноземе инактивация амилазы происходит сравнительно медленно, а в солончаке быстро.



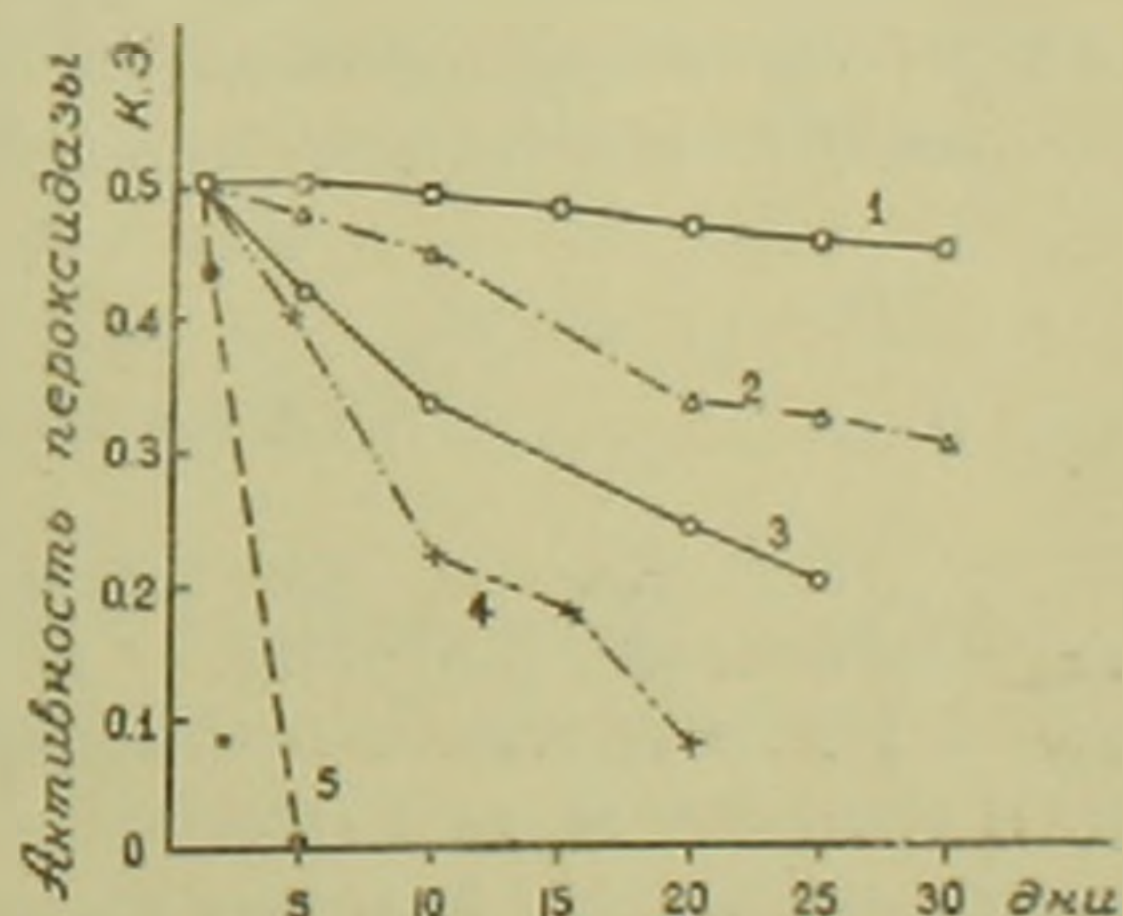
Фиг. 2. Инактивация инвертазы в сухой почве. 1—черноземовидная; 2—темно-каштановая; 3—каштановая; 4—бурая.



Фиг. 3. Изменение активности амилазы. 1—ферментативный препарат; 2—выщелоченный чернозем; 3—карбонатный чернозем; 4—каштановая почва; 5—солончак.

Наши исследования показали, что внесенная в почву уреазы, полученная из сои (6), инактивируется быстрее, чем инвертаза и амилаза. Это, по-видимому, связано с содержанием сульфгидрильных и амминных группировок в молекуле уреазы, которые легко подвергаются воздействию окислителей и ионов тяжелых металлов. Однако характер инактивации уреазы в почве тождествен с инвертазой и амилазой. Следовательно, гидролитические ферменты в почвах имеют одинаковое поведение.

Совершенно иная картина наблюдается для пероксидазы, препарат которой приготовлялся из хрена (6). В выщелоченном черноземе инактивация пероксидазы происходит быстрее, чем в карбонатных почвах (фиг. 4). В солончаке пероксидаза инактивируется быстрее. Этому способствуют анионы солей почвы, которые блокируют железо простетической группы пероксидазы и подавляют ее действие.



Фиг. 4. Изменение активности пероксидазы; 1—ферментативный препарат; 2—каштановая почва; 3—карбонатный чернозем; 4—выщелоченный чернозем; 5—солончак.

Таким образом, инактивация ферментов в почве зависит от ее физико-химических свойств: рН, карбонатности, засоленности и т. д. Особое значение имеет рН почвы, если она по значению близка к оптимальной рН действия фермента, то инактивация происходит медленно. В случае большого интервала между рН почвы и оптимальной рН действия фермента — инактивация происходит быстро. Карбонатность почвы

подавляет действие гидролитических ферментов, но активизирует окислительных. Засоленность почвы способствует быстрой инактивации ферментов в почве.

Установлено, что инвертаза, амилаза, уреаза и пероксидаза почвы более устойчивы, чем соответствующие ферменты, внесенные из вне. В выщелоченных почвах гидролитические ферменты инактивируются сравнительно медленно, чем пероксидаза, а в карбонатных — наоборот. Это обстоятельство свидетельствует о том, что при оценке общей биологической активности различных типов почв необходимо определять действие как гидролитических ферментов, так и окислительных.

Институт почвоведения  
и агрохимии МП и ЗСХП Армянской ССР

## Ա. Շ. ԳՍԼՍՅԱՆ

### Հողերում ֆերմենտների ինակտիվացման մասին

Հողի ֆերմենտների ինակտիվացումը կախված է նրա ֆիզիկո-քիմիական հատկություններից՝ pH-ից, կարրոնատությունից, աղակալածությունից, մեխանիկական կազմից և այլն։ Երբ հողի pH իր նշանակությամբ մոտ է ֆերմենտի գործունեության օպտիմալ pH, ապա տվյալ ֆերմենտի ինակտիվացումը տեղի է ունենում դանդաղ։ Հողի pH նշանակության և ֆերմենտի գործունեության օպտիմալ pH միջև մեծ տարրերության դեպքում ինակտիվացումը տեղի է ունենում արագ։

Հողի կարրոնատությունը մեղմում է հիդրոլիտիկ ֆերմենտների գործունեությունը և ակտիվացնում է օքսիդազներից՝ պերօքսիդազային։ Հողի աղակալածությունը, հատկապես սոդայով, որը ստեղծում է բարձր pH, ինակտիվացնում է շատ ֆերմենտներին։

Հողի մեջ ֆերմենտային պրեպարատներ ավելացնելու միջոցով պարզված է, որ հողի մեխանիկական ֆերմենտներն ավելի կայուն են, քան դրսից ավելացվածները։ Հիմնված սեահողում հիդրոլիտիկ ֆերմենտների ինակտիվացումն ընթանում է դանդաղ, իսկ պերօքսիդազայինը՝ արագ։ Կարրոնատային հողերում գոյություն ունի հակառակ պատկեր։ Այս փաստից ելնելով տարրեր հողատիպերի բոլորողիական ակտիվությունը պնահատելիս պետք է որոշել ինչպես հիդրոլիզների, այնպես էլ օքսիդազների գործունեությունը։

## ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆ ՈՒԹՅՈՒՆ

1. И. П. Конрад, Soil Science, vol. 50, 1940. 2. И. Куш, Zeit für Pflanz. Düngung, Bodenkunde, B 81, 1958. 3. И. Куш, Studie Univ. Balces-Bolyai, Ser. biol., Cluj, vol. 3, 1958. 4. И. Куш и И. Петерфу, Почвоведение, № 8, 1960. 5. А. Ш. Галстян, ДАН АрмССР, 24, № 1 (1957). 6. А. Н. Белозерский и Н. И. Проскуряков, Практическое руководство биохимии растений, М., 1951.

СТРАТИГРАФИЯ

Н. Р. Азарян

Новые данные по стратиграфии триасовых отложений  
 верховья реки Веди (Армянская ССР)

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. С. Мкртчяном 21/XI 1962)

Отложения триаса на территории Армянской ССР имеют весьма ограниченное площадное развитие. Их выходы встречены в основном в Вединском районе Армянской ССР, в частности, у села Джерманис. Эти отложения в связи с их угленосностью были объектом неоднократных исследований, но стратиграфия и особенно фауна этих отложений изучены крайне недостаточно. Фаунистически было доказано только наличие отложений норийского яруса. Отсюда В. Н. Робинсоном (<sup>1</sup>), А. Н. Криштофовичем и В. Д. Принадой (<sup>2</sup>), по сборам Г. А. Пилояна, К. Н. Паффенгольца (<sup>3</sup>) и А. Н. Назаряна (<sup>4</sup>) было определено несколько видов двустворчатых моллюсков и флоры, согласно которым возраст вмещающих их отложений определен как верхний триас (норийский ярус). О наличии здесь отложений других ярусов триаса в литературе не было данных.

Позже работами Р. А. Аракеляна была несколько уточнена стратиграфическая схема триасовых отложений верховья реки Веди. Им собрана богатая коллекция фауны, к сожалению, до сих пор еще не обработанная, где оказались формы не только из верхнетриасовых отложений, но и из известняков основания разреза, отнесенных им впервые, условно, к нижнему триасу.

Работами 1960—1961 гг. нами были изучены триасовые отложения района села Джерманис и описаны собранные в них моллюски. В результате этих исследований была в значительной степени уточнена стратиграфия триасовых отложений верховья реки Веди. Доказывается непрерывность разреза триасовых отложений и, кроме норийского яруса, фаунистически обосновывается наличие карнийского яруса, а также отложений нижнего триаса. Немая толща пелитоморфных известняков, расположенная между фаунистически охарактеризованными породами нижнего триаса и карнийского яруса, условно относится нами к среднему триасу.

Триасовые отложения района села Джерманис составляют антиклинальную складку общекавказского простирания. Вследствие попереч-

ного сброса эта структура разделена на два участка. Юго-восточный, приподнятый участок сложен породами нижнего и среднего триаса, а также карнийского яруса, а северо-западный, опущенный — породами норийского яруса верхнего триаса. На этом участке отложения карнийского яруса вскрыты скважинами.

Породы нижнего триаса обнажаются в ядре приподнятой части антиклинали, на левом склоне ущелья реки Джерманис, и представлены различными известняками с остатками характерной нижнетриасовой фауны. Выше по разрезу, через фукоидные известняки, они переходят в немую пачку пелитоморфных и глинистых известняков и аргиллитов, которая относится к среднему триасу. Последние постепенно, переслаиваясь, сменяются угленосными песчано-глинистыми отложениями верхнего триаса, карнийского и норийского ярусов.

Сводный восходящий разрез триасовых отложений у развалин села Джерманис представляется в следующем виде:

#### Нижний триас

1. Известняки темно- и светло-серого цвета, тонко- и толстослоистые, доломитизированные, органогенные, псевдооолитовые, иногда микроконгломератовидные, комковатые со стилолитовой текстурой, с *Eumorphotis* cf. *multiformis* (Bittner), *E.* cf. *inaequicostata* (Benecke), *Anodontophora fassaensis* (Wissmann), *A.* cf. *fassaensis* var. *brevis* Bittner, *A.* cf. *canalensis* Catullo, *Myophoria laevigata* (Zieten), *Entolium microtis* (Bittner), *Gervillia* sp. indet. и др. Мощность 68 м.

2. Фукоидные известняки серо-желтого цвета, тонко- и средне-слоистые с редкими прослоями аргиллитов с *Anodontophora fassaensis* (Wissmann). Мощность 10 м.

#### Средний триас (?)

3. Пачка чередующихся пелитоморфных известняков и аргиллитов темно-серого или желтоватого цвета с преобладанием аргиллитов в верхах пачки. Мощность 44 м.

#### Верхний триас

##### Карнийский ярус.

4. Пачка переслаивающихся кварцевых песчаников и аргиллитов со всей гаммой промежуточных пород, с прослоями глин, углистых сланцев, битумов и с четырьмя пластами (мощностью до 1 м) угля. Кварцевые песчаники мелкозернистые, плотные, средне- и толстослоистые зеленовато-желтого или серого цвета, иногда пиритизированные. Аргиллиты тонкослоистые, ожелезненные, темно-серого или почти черного цвета, иногда с чешуйками слюд и глинисто-железистыми конкрециями. Из средней и верхней частей пачки определены: *Cardita pichleri* Bittner, *Homomya matsuoensis* Nakazawa, *H.* aff. *kokeni* Philipp, *Myophoria* cf. *verbecki* Boettger em. Krumbeck, *Pro-laria armenica* Robinson, *Lingula* cf. *tenuissima* Bronn, *Leda* sp. indet., *Cassianella* sp. indet., *Burmessia* sp. indet. Первые два вида характерны для карнийского яруса. Мощность 300 м.

## Норийский ярус

5. Кварцевые песчаники желтовато-зеленого цвета, среднезернистые, пиритизированные с прослоями песчанистых аргиллитов и углистых сланцев. Мощность 42 м.

6. Аргиллиты тонкослоистые, темно-серого, почти черного цвета с прослоями известковистых песчаников с глинисто-железистыми конкрециями с богатой фауной пелеципод и аммонитов: *Alyophoria verbecki* Boettger em. Krumbeck, *Cardita (Palaeocardita) globiformis* Boettger, *Indopecten glabra* Douglas, *Prolaria armenica* Robinson, *Cassainella gigantea* sp. nov., *Pinna* sp. и др., а также два новых вида *Nairites armenicus* и *Nairites laevis* из нового рода цератит, выделенные Л. Д. Кипарисовой и автором из этих же отложений.

7. Кварцевые песчанки средние- и толстослоистые, желто-зеленого цвета, с прослоями аргиллитов, глинистых и углистых сланцев с остатками флоры. Мощность 110 м.

Выше расположены резко трансгрессивные базальные конгломераты турона.

Институт геологических наук  
Академии наук Армянской ССР

## Ն. Ռ. ԱԶԱՐՅԱՆ

### Նոր հվալներ վեդի գետի վերին հոսանքի երեսի հազվածքների ստրատիգրաֆիայի վերաբերյալ

Հայկական ՍՍՏ-ում տրիասի նստվածքները ունեն սահմանափակ տարածում: Նրանց կրկերը հիմնականում հանդիպում են վեդի գետի վերին հոսանքում, մասնավորապես Ջերմանիս գյուղի շրջակայքում: Չնայած հետախուզական աշխատանքներին, որոնք կատարվել են Ջերմանիս գյուղի շրջակայքում, կապված տրիասի նստվածքների ածխաբերության հետ, այդ ապառների ստրատիգրաֆիան և բրածո ֆաունան ուսումնասիրված է անբավարար:

1960—1961 թթ. հեղինակի կողմից ուսումնասիրվեց տրիասի ապառների ստրատիգրաֆիան և նկարագրվեցին նրանց մեջ ներփակված երկփեղկավորների մնացորդները, որի արդյունքը եղավ Ջերմանիս գյուղի շրջակայքում մերկացող տրիասի հասակի ապառների ստրատիգրաֆիական աղյուսակի ճշտումը: Հաստատվեց այդ նստվածքների լանդշաֆտային կուտակման փառը: Բացի նորից հարկից, պալեոնտոլոգիական տվյալներով ապացուցվեց նաև ոտորին տրիասի և կարնիան հարկի նստվածքների առկայությունը: Այս վերջինների միջև տեղադրված համը շերտախումբը, որը կազմված է պելիտամորֆային կրաքարերից, պայմանականորեն վերադրվում է միջին տրիասին:

Այսպիսով, Ջերմանիս գյուղի շրջանում տարածված տրիասի հասակի ապառների ստրատիգրաֆիական կտրվածքը ըստ հեղինակի ունի հետևյալ տեսքը (ներքևից-վերև):

#### Ս տ ո Ր ի ն տ Ր ի ա ս

1. Կրաքարեր՝ մուգ կամ բաց մոխրագույն, բարակ կամ հաստ շերտավոր, զոլումփեղկացված, օրգանոգեն, կեղծ օսլիտային, հաճախ միկրոկոնյոմերատանման. ստիլոլիտային տեքստուրայով, որոնք պարունակում են՝ *Eumorphotis cf. multiformis* (Billner), *E. cf. inaequicostata* (Benecke) *Anodontophora fassaensis* (Wissmann), *A. cf. fassaensis* var. *brevis* Billner, *A. cf. canalensis* Catullo, և այլն: Հզորությունը 68 մ:

2. Ֆուկոիդային կրաքարեր՝ մոխրա-դեղնավուն գույնի, բարակ կամ միջին շերտային, արգիլիտների հազվագյուտ շերտիկներով, որոնք իրենց մեջ պարունակում են *Anodontophora fassaensis* (Wissmann). Հզորությունը 10 մ:

Մ ի ջ ի ն տ ր ի ա ս

3. Պեյխտամորֆային կրաքարերի և արգիլիտների հերթափոխվող շերտախումբ, որի վերին մասում գերակշռում են արգիլիտները: Հզորությունը 44 մ:

Վ Ե Ր Ի Ն տ ր ի ա ս

Կարնիյան հարկ

4. Քվարցային ավազաքարերի և արգիլիտների հերթափոխվող շերտախումբ, կավի, ածխային թերթաքարերի, բիտումների և ածխի բարակ շերտերով: Այս շերտախումբը պարունակում է՝ *Cardita pichleri* Bittner, *Homomya matsuoensis* Nakazawa, *H. alikokeni* Philipp, *Myophoriopsis* (*Pseudocorbula*) cf. *gregaroides* Philipp, *Myophoria* cf. *verbecki* Boettger em. Krumbeck, *Prolaria armenica* Robinson, *Lingula* cf. *tenuissima* Bronn և ուրիշներ:

Կարնիյան հարկի համար բնորոշ են առաջին երկու տեսակները: Հզորությունը 300 մ: Նորինյան հարկ

5. Քվարցային ավազաքարեր՝ դեղնա-կանաչավուն գույնի, միջահատիկ, միջին շերտային, սլրիտիզացված, արգիլիտների և ածխային թերթաքարերի շերտիկներով: Հզորությունը 42 մ:

6. Արգիլիտներ՝ բարակ շերտային, մուգ մոխրագույն, դրեթե սև գույնի, կրային ավազաքարերի և կավային-երկաթային էոնկրեցիաների հետ մեկտեղ, պարունակելով *Myophoria verbecki* Boettger em. Krumbeck, *Cardita* (*Palaeocardita*) *globiformis* Boettger, *Indopecten glabra* Douglas, *Prolaria armenica* Robinson, *Cassianella gigantea* sp. nov. և ուրիշներ, այդ թվում երկու նոր տեսակներ՝ *Nairites armenicus* և *Nairites laevis* սերատիտների այն նոր սեռից, որը անջատվել է այդ նույն ապսոսներից Լ. Դ. Կիպարիսովայի և հեղինակի կողմից:

7. Քվարցային ավազաքարեր՝ միջին և հաստ շերտային, դեղնա-կանաչավուն գույնի, արգիլիտների, կավերի և ածխային թերթաքարերի շերտիկներով և բուսական մնացորդներով: Հզորությունը 110 մ:

#### ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

<sup>1</sup> В. Н. Робинсон, Атлас руководящих форм ископаемых фаун СССР, т. VII. Триасовая система, 1947. <sup>2</sup> А. Н. Криштофович и В. Д. Принада, О верхнетриасовой флоре Армении. Тр. Всес. геол. разв. объедин., вып. 336, 1933. <sup>3</sup> К. Н. Паффенгольц, Геологический очерк Армении и прилежащих частей Малого Кавказа, Ереван, 1946 (на арм. яз.). <sup>4</sup> А. Н. Назарян, Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1936.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. О. Казарян и К. А. Карапетян

Влияние фотопериодического режима на изменение  
 аминокислотного состава изолированных листьев периллы

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 29/1 1963)

Фотопериодическое воздействие у листо-стебельных форм растений, как известно, воспринимается листьями даже в том случае, когда последние изолируются и выдерживаются погруженными в воде черешками (<sup>10—11</sup>). Если исходить из положения, что стимулирующее влияние на цветение осуществляется переходом из листьев к пазушным почкам качественно новых ассимилятов, в том числе новых свободных аминокислот (<sup>3—5, 8—10</sup>), то в этом случае мы вправе предполагать, что в изолированных листьях протекают глубокие изменения в аминокислотном составе.

В случае экспериментального подтверждения указанного предположения можно будет установить и степень устойчивости этих изменений: являются ли они необратимыми, или же последние, будучи лабильными, принимают обратный ход при перенесении фотоиндуцированных коротким днем листьев на длиннопневные световые условия.

С целью проверки этих предположений нами в вегетационном сезоне 1961 года были поставлены некоторые опыты с изолированными нормально развитыми листьями краснолистной периллы, взятыми с вегетирующих растений, находящихся до опыта в условиях естественного длинного дня.

Удаляя с растений листья средних ярусов, мы кончиками их черешков погружали в раствор Кнопа, помещая на подоконниках лаборатории. Одновременно все листья разделялись на 3 группы, в каждой по 40—50 экземпляров. Листья I группы получили 4, II группы—12-короткодневную фотопериодическую индукцию, после чего подвергались анализу. Листья же последней группы (III)—после 12 короткодневных фотопериодов вновь переставлялись на 60-непрерывный световой день, где днем получали естественный, ночью—электрический свет. В последнем случае мы задались целью выяснить: являются ли предполагаемые в аминокислотном обмене изменения необратимыми, или же они остаются устойчивыми.

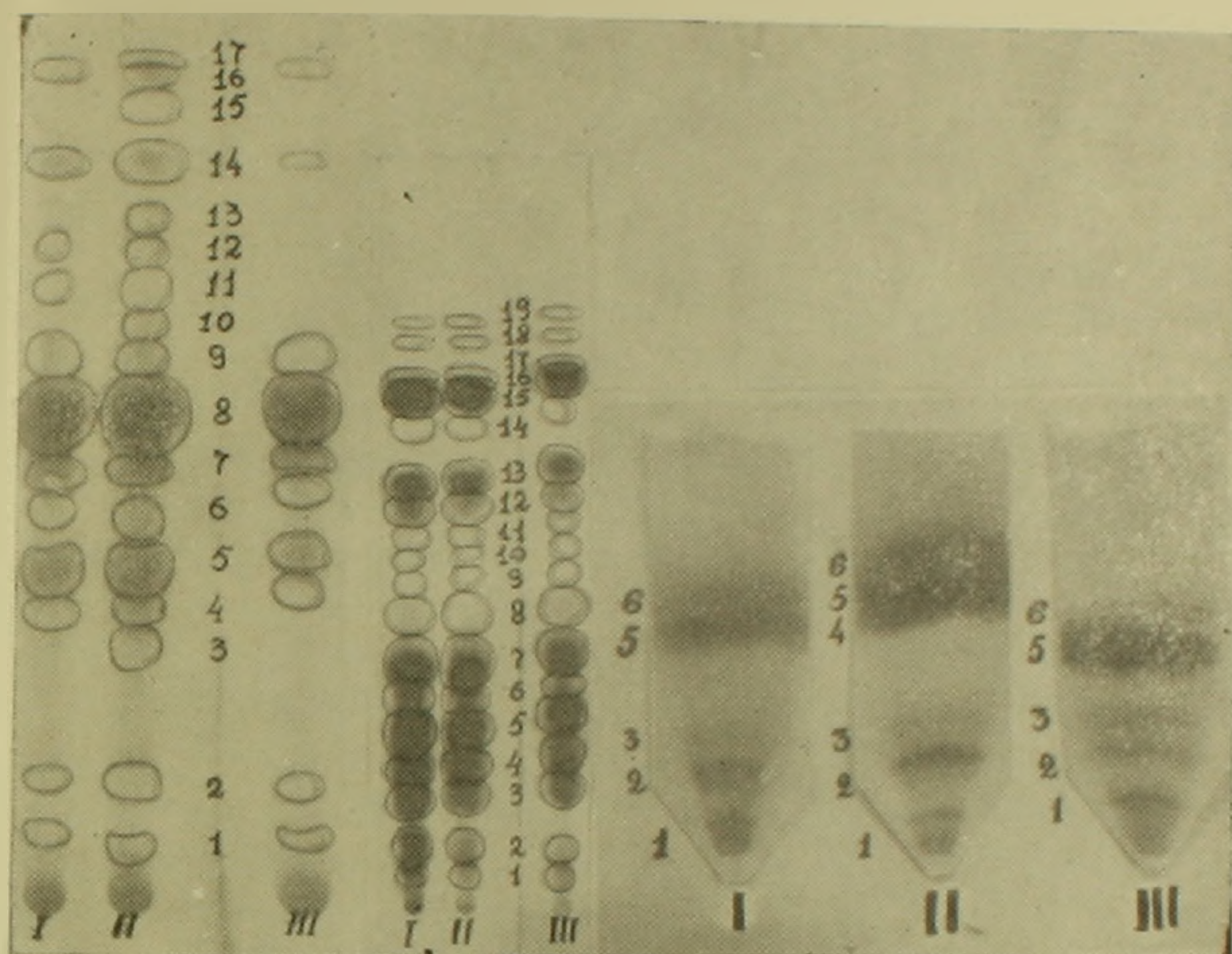
По истечении указанных сроков подопытные листья без черешков подвергались хроматографическому исследованию для выявления полного состава свободных аминокислот и углеводов в них, методика которого описана нами в прежних работах (7, 9). Повторность хроматографирования была двухкратная.

Приведенная ниже хроматограмма (фиг. 1) иллюстрирует состав свободных аминокислот, выявленных в листьях различных групп. Она наглядно показывает, что изолированные листья в условиях короткодневных фотопериодов постепенно претерпевают изменения в аминокислотном обмене, приводящем, в первую очередь, к увеличению числа свободных аминокислот, как это установлено для контрольных листьев, растущих на материнском растении при таких же световых условиях. У листьев, получивших всего 4 коротких дня, число свободных аминокислот достигает до 13, а у листьев второй группы — 17. Появились следующие новые аминокислоты: гистидин,  $\alpha$ -аминомасляная кислота, фенилаланин и изолейцин.

Весьма своеобразные и столь же интересные данные были получены у листьев последней группы, которые после 12 короткодневных фотопериодов находились в условиях непрерывного света в течение 60 дней. В этих листьях взамен 17 удалось обнаружить всего 10 аминокислот. В условиях длиннопериодного светового режима у них исчезли 7 свободных аминокислот: гистидин,  $\alpha$ -аминомасляная кислота, аминоклutarовая кислота, тирозин, триптофан, фенилаланин и изолейцин.

Столь заметное численное уменьшение свободных аминокислот в листьях последней группы несомненно является наглядным показателем обратимости тех изменений в белковом обмене, которые осуществляются в условиях непрерывного света. Аналогичные данные нами были получены у листьев периллы, показывающих вегетативное израстание соцветия (8). В этих опытах установлено, что изменения, происходящие в составе свободных аминокислот листьев в условиях 14 короткодневных фотопериодов, полностью исчезают, если растения перенести на 77 длинных дней. В обоих случаях в листьях были обнаружены одни и те же аминокислоты спирторастворимой, щелочнорастворимой и нерастворимой фракции.

Как показывают данные следующей хроматограммы (фиг. 2), не обнаруживается расхождение между составом связанных аминокислот у всех подопытных групп листьев. Независимо от фотопериодического режима у них были идентифицированы одни и те же аминокислоты, тогда как подобные световые условия вызывают глубокие изменения в составе указанных аминокислот у неизоллированных листьев (6). Это обстоятельство дает основание утверждать, что эффект фотопериодического воздействия на изолированные и контрольные листья не одинаковый: последние гораздо чувствительны к влиянию оптимальных фотопериодов, чем изолированные. Подтверждением этого заключения могут являться также наши наблюдения, проведенные с целью установления продолжительности жизни изолированных и контрольных листьев периллы, получивших равное число (15 дней) короткодневных фотопериодов, а затем



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Фиг. 3.

Фиг. 1. Хроматограмма свободных аминокислот изолированных листьев периллы. I—листья, получившие 4 коротких дня; II—листья, получившие 12 коротких дней; III—листья, получившие первоначально 12 коротких дней, затем переставленные на непрерывный день в течение 60 дней.

Аминокислоты: 1—цистеин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аргинин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин + глицин; 7—глутаминовая кислота; 8— $\alpha$ -аланин; 9—пролин; 10—аминомасляная кислота; 11—аминоглутаровая кислота; 12—тирозин; 13—триптофан; 14—валин; 15—фенилаланин; 16—изолейцин; 17—лейцин.

Фиг. 2. Хроматограмма связанных аминокислот изолированных листьев периллы (группы листьев те же, как и на I хроматограмме).

Аминокислоты. 1—цистеин; 2—лизин; 3—аспарагиновая кислота; 4—серин + глицин; 5—глутаминовая кислота; 6—треонин; 7— $\alpha$ -аланин; 8—пролин; 9— $\alpha$ -аминомасляная кислота; 10—неидентифицированная аминокислота; 11—тирозин; 12—триптофан; 13—валин; 14—неидентифицированная аминокислота; 15—фенилаланин; 16—изолейцин; 17—лейцин, 18 и 19—транслейцины.

Фиг. 3. Хроматограмма свободных сахаров изолированных листьев периллы (группы листьев те же, как и на I хроматограмме).

Сахара: 1—олигосахариды; 2—мальтоза; 3—сахароза; 4—галактоза; 5—глюкоза; 6—фруктоза.

переставленных на непрерывный световой день. Контрольные листья после за полным созреванием семян засохли на материнском растении и опали, в то время как изолированные в условиях длинного дня продолжали нормальную жизнедеятельность и к этому времени еще не показали признаков пожелтения. В первом случае необратимое гидролитическое направление ферментов привело к истощению и старению листьев, в то время как изолированные листья продолжали нормальную жизнедеятельность.

Помимо выявления состава свободных и связанных аминокислот, в опытных листьях было произведено хроматографическое определение также и сахаров (фиг. 3). Разница в числе последних, обнаруженных в листьях отдельных групп, оказалась очень незначительна. В листьях I и III групп было выявлено по 5 сахаров, а у листьев II группы — 6. Дополнительной оказалась галактоза. Листья последней группы, кроме того, отличались и большим содержанием сахаров, главным образом галактозой, глюкозой и фруктозой. Причины этого, по всей вероятности, кроются в усилении фотосинтетической активности листьев в связи с более продолжительным воздействием оптимальных фотопериодов. Прямая зависимость между фотосинтетической активностью листьев растений и оптимальным фотопериодическим воздействием установлена еще ранее (<sup>1-2</sup>).

Полученные данные дают основание высказать следующие основные выводы.

1. Изолированные листья в условиях водной культуры воспринимают оптимальные фотопериоды и соответственно изменяют состав свободных аминокислот, подобно листьям цветущих растений.

2. Изменения свободного аминокислотного состава в изолированных листьях, получивших короткодневную фотопериодическую индукцию, являются лабильными и принимают обратный ход, если их переставить на 60 дней в условия непрерывного света.

3. Изолированные листья по сравнению с контрольными менее чувствительны к оптимальным фотопериодам. Показателем этого является стабильность состава связанных аминокислот в изолированных листьях, получивших 15 коротких дней. У контрольных листьев подобная фотопериодическая индукция приводит к глубокому изменению состава указанных аминокислот.

Ботанический институт  
Академии наук Армянской ССР

#### Կ. 2. ՂԱԶԱՐՅԱՆ ԵՎ Կ. 2. ԿՍՐԱՄԵՏՅԱՆ

**Ֆոտոպերիոդիկ ռեժիմի ազդեցությունը պերիլլայի մեկուսացված տերևների ամինոթթուների կազմի փոփոխության վրա**

Էքսպերիմենտալ եղանակով ցույց է տրված, որ բույսերի մեկուսացված տերևները ընդունակ են ընդունելու ֆոտոպերիոդիկ ազդեցությունը և նրա նրանց պատվաստում են կոնտրոլ բույսերի վրա, արագանում է վերջիններիս ծաղկումը:

Մի շարք աշխատանքներով պարզված է, որ օպտիմալ ֆոտոպերիոդների ազդեցության պայմաններում տերևներում փոխվում է ազատ և կապված ամինոթթուների կազմը: Այս հան-

դամանքը հիմք է հանդիսացել հնթադրելու, որ համանման փոփոխություններ պետք է որ տեղի ունենան նաև մեկուսացված տերևներում օպտիմալ լույսային ռեժիմի պայմաններում:

Այդ հնթադրությունը հաստատելու նպատակով մեր կողմից փորձեր են կատարվել պերի-լայի բույսերից մեկուսացված և կոթուններով ջրի մեջ խորասուղված տերևների վրա, որոնք լարորատորիայի պայմաններում ստացել են տարբեր լույսային ռեժիմ: Այդ փորձերը միա-ժամանակ նպատակ են ունեցել պարզելու օպտիմալ ֆոտոպերիոդների ազդեցության տակ առաջացած ամինոթթվային կազմի փոփոխությունների անվերադարձ կամ վերադարձ լինելը, կապված լույսային ռեժիմի փոփոխության հետ:

Կատարված փորձերի և բրոմատոդրաֆիկական անալիզների արդյունքները հեղինակներին բերել են հետևյալ եզրակացություններին:

1. Մայրական բույսերից մեկուսացված տերևները ջրային կուլտուրայի պայմաններում բնդունում են օպտիմալ ֆոտոպերիոդներ և դրա համապատասխան փոխում են իրենց ամինոթթվային կազմը, նման ծաղկման փուլում գտնվող բույսերի տերևներին:

2. Օպտիմալ լույսային ռեժիմի պայմաններում մեկուսացված տերևներում ամինոթթվային կազմի փոփոխությունները հետադարձ բնույթ են ուտանում նրանց անընդհատ երկար օրվա պայմաններ տեղափոխելու դեպքում:

3. Մեկուսացված տերևները կոնտրոլների համեմատությամբ ավելի քիչ են ղդայուն օպտի-մալ ֆոտոպերիոդների հանդեպ: Դրա ապացույց կարող է հանդիսանալ այն, որ մեկուսաց-ված տերևներում չի հայտնաբերվում կապված ամինոթթուների կազմի փոփոխություն, մինչևե կոնտրոլ տերևներում նշված ամինոթթուների կազմը խիստ փոփոխվում է:

#### ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- <sup>1</sup> I. С. Горбунова, Тр. Бот. ин-та им. Комарова, серия 4, 11 (1956). <sup>2</sup> В. О. Казарян, Стадийность развития и старения однолетних растений, Изд. АН АрмССР, (1952). <sup>3</sup> В. О. Казарян и Э. С. Авунджян, ДАН АрмССР, 27, 2 (1958). <sup>4</sup> В. О. Казарян, Э. С. Авунджян и К. А. Карапетян, ДАН АрмССР, 26, 5 (1958). <sup>5</sup> В. О. Казарян, Э. С. Авунджян и К. А. Карапетян, ДАН АрмССР, 29, 5 (1959). <sup>6</sup> В. О. Казарян, Э. С. Авунджян и К. А. Карапетян, ДАН АрмССР, 29, 6 (1959). <sup>7</sup> В. О. Казарян, Э. С. Авунджян и К. А. Карапетян, ДАН АрмССР, 30, 2 (1960). <sup>8</sup> В. О. Казарян, К. А. Карапетян, ДАН АрмССР, 34, 2 (1962). <sup>9</sup> В. О. Казарян и К. А. Карапетян, Biologia Plantarum, 4 (4) (1962). <sup>10</sup> Г. Мелхере и А. Лонг, Biol. Zbl., 61 1/2 (1941). <sup>11</sup> М. Х. Чайлахян, Изв. АН СССР, серия биол., 5—6 (1938).

## ФИЗИОЛОГИЯ

С. К. Карапетян, академик АН Армянской ССР, М. Б. Назарян

## О некоторых биохимических сдвигах в генеративных и эндокринных органах, возникающих при удалении полушарий головного мозга

(Представлено 4/IX 1962)

Физиологические исследования, посвященные изучению нервной регуляции функции размножения, весьма разносторонны. Показано, что расстройства нервной системы отражаются на разнообразные процессы, протекающие в органах размножения (<sup>1-3</sup>).

Нарушение функционального состояния отдельных органов или систем организма неизбежно влечет за собой изменение метаболических процессов, протекающих в них, и приводит к изменениям химического состава белковых веществ.

Известно, что развитие атрофических и дистрофических процессов в денервированных мышцах характеризуется как уменьшением общего содержания белка, так и изменением соотношения белковых фракций (<sup>4-7</sup>).

В отношении же роли нервной системы в трофике гладкой мускулатуры в литературе нам удалось найти лишь одну работу (<sup>8</sup>), в которой автор показал изменения фракционного состава белков мышцы матки у кроликов при развитии беременности, а также изменения белкового состава, наступающие на 27—32 день после перерезки спинного мозга в поясничной области.

В предыдущих наших исследованиях (<sup>9-11</sup>) было установлено, что удаление больших полушарий головного мозга, как и перерезка спинного мозга на уровне предпоследнего грудного позвонка, приводят к резкой атрофии половых органов и полному выпадению функции размножения у птиц.

В свете этих данных представляло определенный интерес изучение некоторых биохимических изменений, возникающих в генеративных и эндокринных органах (яичник, яйцевод, гипофиз и щитовидные железы) после удаления полушарий.

В качестве основных тестов были избраны: общий аминокислотный состав гидролизатов исследуемых органов, количество свободных дикарбоновых аминокислот и глутатиона в безбелковых экстрактах этих же

органов. Определялось также количество сульфгидрильных групп в гомогенатах тканей соответствующих органов.

Опыты ставились на половозрелых курах весом 1400—1600 г. Удаление полушарий производилось при местной анестезии.

Материалом для дальнейших исследований служили яичник, яйцевод, гипофиз и щитовидные железы intactных и бесполушарных кур, спустя 1—1.5 года после операции.

В гидролизатах исследуемых органов определялось количество аминокислот методом хроматографии на бумаге по Блоку, Лестранжу и Цвейгу (<sup>12</sup>).

Свободные дикарбоновые аминокислоты в безбелковом экстракте определялись методом электрофореза на бумаге по Грассману и Ганнинггу (<sup>13</sup>) с некоторыми видоизменениями (<sup>14</sup>); глутатион — по методу Кечика (<sup>14</sup>).

В гомогенатах органов определялось также количество сульфгидрильных групп методом амперметрического титрования по Кольтгоффу и Гаррису (<sup>15</sup>) с видоизменениями (<sup>16</sup>), а регистрация результатов титрования производилась по схеме, предложенной Р. Бенеш и Р. Е. Бенеш (<sup>17</sup>).

Методом хроматографии на бумаге удалось разделить 18 аминокислот (фиг. 1): цистин, цистеин, лизин, гистидин, аргинин, гликокол, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, оксипролин, треонин, аланин, пролин, тирозин, валин, метионин, фенил-аланин, лейцин, норлейцин.

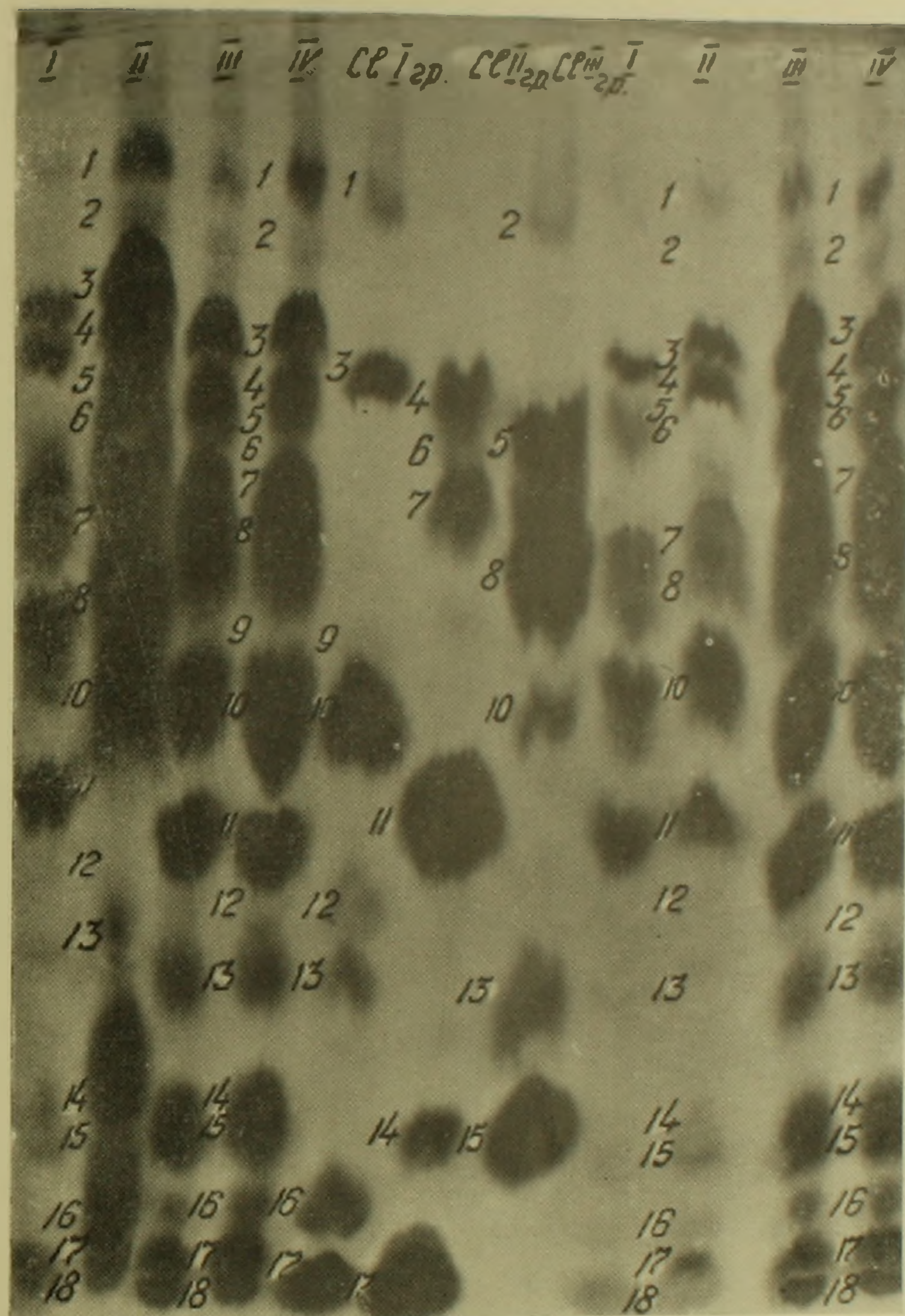
Как видно на фиг. 1, после децеребрации наблюдается обеднение аминокислотного состава вследствие уменьшения их количества. Пятна, соответствующие цистеину, тирозину, валину, фенил-аланину, лейцину и норлейцину гидролизата гипофиза и цистеину, фенил-аланину и норлейцину гидролизата щитовидных желез после децеребрации бледнеют и на хроматограмме почти не заметны. Наблюдается также частичное уменьшение количества лизина, гистидина, аспарагиновой и глютаминовой кислот, треонина, аланина, метионина и лейцина как в гидролизатах гипофиза, так и щитовидных желез.

В гидролизатах яичника и яйцевода децеребрированных животных отмечается частичное уменьшение количества цистеина, тирозина, валина, метионина и фенил-аланина.

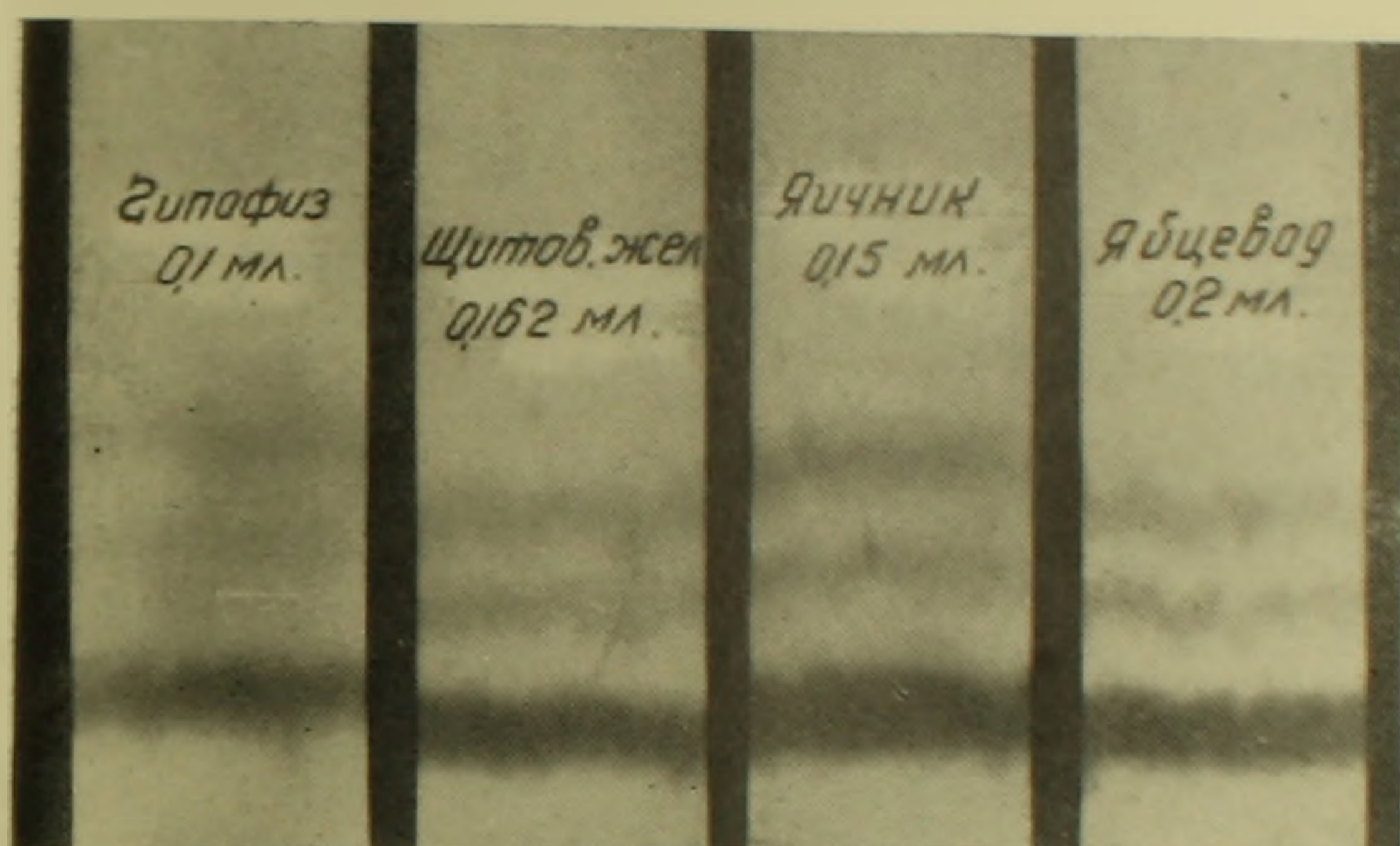
Пятна оксипролина и пролина, имеющие светло-желтый цвет в гидролизатах всех органов как децеребрированных, так и intactных животных на фотохроматограмме мало заметны.

Одновременно исследовались количественные сдвиги свободных дикарбоновых аминокислот и глутатиона в безбелковых экстрактах органов (фиг. 2). Результаты представлены в табл. 1.

Как видно из приведенных в таблице данных, после децеребрации наступают заметные сдвиги в содержании глютаминовой и аспарагиновой кислот в безбелковых экстрактах яйцевода, а также в количестве аспарагиновой кислоты в яичнике. В норме количество глютаминовой кислоты в яйцеводе составляет 157,3 мг%, а аспарагиновой — 29,8 мг%, тогда как после децеребрации, спустя 1—1.5 года, их количество соответственно рав-



Фиг. 1. Хроматограмма аминокислотного состава гидролизатов I гипофиза, II щитовидных желез, III яичника и IV яйцевода у intact-ных (слева) и бесполушарных (справа) птиц. Средние 3 колонки занимают свидетели аминокислот I, II и III групп. 1—цистин; 2—цистеин; 3—лизин; 4—гистидин; 5—аргинин; 6—гликокол; 7—аспарагиновая кислота+серин; 8—глутаминовая кислота; 9—оксипролин; 10—треонин; 11—аланин; 12—пролин; 13—тирозин; 14—валин; 15—метионин; 16—фенил-аланин; 17—лейцин; 18—норлейцин.



Фиг. 2. Электрофоретическое разделение свободных дикарбоновых аминокислот и глутатиона в безбелковых экстрактах органов. Нижняя полоска—глутаминовая кислота. Средняя—глутатион и верхняя—аспарагиновая кислота.

Таблица 1

Содержание свободных аминокислот в органах контрольных и децеребрированных кур (в мг на 100 г свежей ткани)

| Органы            | Глютаминовая кислота     |                          |                       | Аспарагиновая кислота    |                          |                       | Г л ю т а м и н          |                         |                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
|                   | до децеребра-<br>ции     | после децере-<br>брации  | разница               | до децеребра-<br>ции     | после децере-<br>брации  | разница               | до децере-<br>брации     | после децере-<br>брации | разница                |
| Яичник            | $209,0 \pm 6,58$<br>(6)  | $205,8 \pm 53,06$<br>(5) | $-3,3$<br>$p > 0,9$   | $40,2 \pm 7,7$<br>(6)    | $26,7 \pm 10,0$<br>(7)   | $-13,5$<br>$p < 0,01$ | $54,4 \pm 8,024$         | $77,27 \pm 31,99$       | $+22,87$<br>$p < 0,02$ |
| Яйцевод           | $157,3 \pm 26,4$<br>(6)  | $107,6 \pm 23,3$<br>(6)  | $-49,7$<br>$p < 0,01$ | $29,8 \pm 7,4$<br>(6)    | $21,5 \pm 7,5$<br>(7)    | $-8,3$<br>$p < 0,02$  | $50,71 \pm 9,73$<br>(7)  | $65,0 \pm 17,46$<br>(6) | $+14,49$<br>$p < 0,02$ |
| Щитовид. железы   | $69,24 \pm 17,73$<br>(7) | $57,12 \pm 33,42$<br>(4) | $-12,12$<br>$p < 0,4$ | $14,41 \pm 4,184$<br>(7) | $11,43 \pm 3,262$<br>(5) | $-2,98$<br>$p > 0,9$  | $36,35 \pm 8,697$<br>(7) | $49,1 \pm 9,392$<br>(5) | $+12,75$<br>$p < 0,5$  |
| Большие полушария | $238,5 \pm 25,89$<br>(6) | —                        | —                     | $43,5 \pm 6,768$<br>(6)  | —                        | —                     | $76,9 \pm 13,29$<br>(7)  | —                       | —                      |

В скобках указано количество опытов.

но: 107,6 и 21,5 мг%. В яичнике контрольных птиц количество аспарагиновой кислоты составляло 40,2 мг%, а после децеребрации снизилось до 26,7 мг%.

В щитовидных железах содержание дикарбоновых аминокислот до и после децеребрации не дает статистически достоверных отклонений, однако имеется тенденция к некоторому уменьшению. Количество глутаминовой кислоты в щитовидных железах контрольных кур составляет 69, 24, а аспарагиновой кислоты — 14,41 мг%. После децеребрации эти величины соответственно составили 57,2 и 11,43 мг%.

Исследование количества глутатиона в яичнике и яйцеводе децеребрированных птиц показывает, наоборот, его увеличение, что статистически достоверно.

Характерно, что количество глутатиона в яичниках неполовозрелых цыплят 3—3,5 месячного возраста значительно больше, чем у половозрелых несушек, и составляет  $80,94 \pm 16,43$  мг на 100 г свежей ткани.

Одновременно определялось количество дикарбоновых аминокислот и глутатиона в больших полушариях головного мозга у интактных птиц. Как видно из табл. 1, количество глутаминовой, аспарагиновой кислот и глутатиона в больших полушариях половозрелых кур в норме составляет соответственно: 238,5, 43,5 и 76,9 мг%.

Результаты исследований по определению SH-групп в гомогенатах яичника, яйцевода, гипофиза и щитовидных желез приведены в табл. 2.

Таблица 2

Количественные сдвиги содержания SH-групп в гомогенатах яичника, яйцевода, гипофиза и щитовидных желез спустя 1—1,5 года после децеребрации

| Органы           | До децеребрации                                 | После децеребрации                                | Разница                                        |
|------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Гипофиз          | $8,13 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 2,815$<br>(8) | $1,876 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 0,3886$<br>(3) | $-6,254 \cdot 10^{-7} \text{ м}$<br>$p < 0,02$ |
| Яичник           | $6,92 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 1,753$<br>(8) | $4,93 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 0,702$<br>(6)   | $-1,99 \cdot 10^{-7} \text{ м}$<br>$p < 0,05$  |
| Яйцевод          | $9,26 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 1,034$<br>(8) | $4,38 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 1,04$<br>(7)    | $-4,88 \cdot 10^{-7} \text{ м}$<br>$p < 0,01$  |
| Щитовидн. железа | $3,59 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 1,77$<br>(6)  | $2,03 \cdot 10^{-7} \text{ м} \pm 0,55$<br>(7)    | $-1,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}$<br>$p < 0,3$   |

Из данных таблицы видно, что количество сульфгидральных групп в этих органах, по сравнению с контрольными, после децеребрации заметно снижается.

Обнаруженные сдвиги в аминокислотном составе гидролизатов тканей и в количестве свободных дикарбоновых аминокислот показывают, что при удалении больших полушарий резко нарушается азотистый обмен в указанных органах. По-видимому, уменьшение содержания аминокислот происходит как за счет уменьшения количества белков тканей, так и за счет нарушения их синтеза. Не исключено, что изменяется и аминокислотный состав белков. Эти результаты указывают, что в основе морфо-физи-

ологических изменений, происходящих в исследуемых органах, в результате удаления больших полушарий, лежат нарушения метаболических процессов.

Изменения в содержании общего глутатиона и SH-групп после децеребрации также представляют определенный интерес. Можно предполагать, что уменьшение содержания SH-групп происходит как за счет уменьшения количества белков тканей, так и превращения восстановленного глутатиона в его окисленную форму.

Полученные данные согласуются с результатами предыдущих наших исследований (<sup>9-11</sup>) и подтверждают ведущую роль центральной нервной системы в регуляции функции воспроизводительных органов и метаболических процессов, происходящих в них.

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

Ս. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ ԵՎ Մ. Բ. ՆԱԶԱՐՅԱՆ

### Մի բանի բիոքիմիական հեղաշարժերի մասին սեռական և էնդոկրին օրգաններում գլխուղեղի կիսագնդերի հեռացման դեպքում

Նախորդ փորձերով ցույց էր տրվել, որ գլխուղեղի մեծ կիսագնդերի հեռացումը, ինչպես նաև ողնուղեղի լրիվ հատումը նախապերջին կրծքային ուղի մակարդակին, առաջ են բերում սեռական օրգանների ատրոֆիա և բազմացման ֆունկցիայի լրիվ անկում:

Այդ տեսակետից որոշակի հետաքրքրություն էր ներկայացնում բիոքիմիական առանձին ցուցանիշների փոփոխության ուսումնասիրության հարցը սեռական և էնդոկրին օրգաններում (ձվարան, ձվափող, հիպոֆիզ և վահանաձև գեղձ) մեծ կիսագնդերի հեռացումից 1—1,5 տարի հետո:

Մեր հետազոտության հիմնական մեթոդները հանդիսացել են՝ հետազոտվող օրգանների հիդրոլիզատներում ընդհանուր ամինոթթվային ուսումնասիրությունը խրոմատոգրաֆիկ եղանակով, երկկարբոնային ամինոթթուների և գլյուտատիոնի քանակական որոշումը նույն օրգանների սպիտակուցադրկված մզվածքներում էլեկտրոֆորեզային և SH-խմբերի քանակական որոշումը հյուսվածքների հոմոգենատներում ամպերոմետրային եղանակներով:

Հետազոտվող հյուսվածքների հոմոգենատներում, երկկարբոնային ամինոթթուների և SH-խմբերի քանակական տեղաշարժերի վերաբերյալ ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ ողեղի մեծ կիսագնդերի հեռացումը առաջ է բերում աղոտային փոխանակության խանգարում: Հավանական է, որ ամինոթթուների քանակը պակասում է սպիտակուցների քանակի նվազման և նրանց սինթեզի խանգարման հետևանքով:

Հետազոտություններից պարզվել է, որ մեծ կիսագնդերի հեռացման հետևանքով, ուսումնասիրվող օրգաններում առաջացած մորֆո-ֆիզիոլոգիական փոփոխությունների հիմքում ընկած է նյութափոխանակության պրոցեսների խանգարումը:

Ստացված արդյունքները վկայում են կենտրոնական նյարդային համակարգության առաջատար դերի մասին վերաբրտադրական օրգանների ֆունկցիայի և մետաբոլիկ պրոցեսների կանոնավորման գործում և համընկնում են մեր նախորդ փորձերից ստացված տվյալների հետ:

### ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> Н. Г. Фельдман, Арх. анат., гист. и эмбриол., 14, в. 4, 571 (1935). <sup>2</sup> М. А. Аракелян и Е. Ф. Павлов, Журн. Общ. биол., т. XIV, № 6 (1953). <sup>3</sup> Л. А. Чудновский, Тр. Ин-та физиол. им. Н. П. Павлова, т. IV, (1955). <sup>4</sup> Е. Фишер, В. Рамзей, Am. J. Physiol. v. 145, 571 (1946). <sup>5</sup> Д. Л. Фердман, Биохимия заболевания мышц,

Киев (1953). <sup>6</sup> *Е. Хеландер*, Acta Physiol. scand., v. 41, suppl. 141, p. 1 (1957).  
<sup>7</sup> *И. И. Иванов, Н. И. Мирович*, Вопр. мед. химии, т. 6, 403 (1960). <sup>8</sup> *Н. И. Мирович*,  
Вопр. мед. химии, т. VII, в. 1 (1961). <sup>9</sup> *М. Б. Назарян*, Влияние полной перерезки  
спин. мозга на воспроизводительную функцию у птиц, Изв. АН АрмССР, т. XVI, 3  
(1963). <sup>10</sup> *С. К. Карапетян, Н. Г. Микаелян и М. Б. Назарян*, Материалы III Закавказ.  
съезда физиол., биох. и фармак., Тез. докл., Баку (1962). <sup>11</sup> *С. К. Карапетян, Н. Г.  
Микаелян и М. Б. Назарян*, Экспериментальные данные о роли различных отделов  
центральной нервной системы в регуляции воспроизводит. функции у птиц (в печати).  
<sup>12</sup> *Р. Блок, Р. Лестранж, Г. Цвейг*, Хроматография на бумаге, Изд. иностр. лит., М.  
(1954). <sup>13</sup> *В. Грассманн, Е. Ганнинг и М. Плокл*, Hoppe-Seyler's Zeit Phys. Chem.,  
band 299, 258 (1955). <sup>14</sup> *Г. Х. Бунятыян и Г. А. Кечек*, Вопр. биох., Изд. АН АрмССР,  
т. 1 (1960). <sup>15</sup> *И. М. Кольтгофф и В. Е. Гаррис*, Ind. Eng. chem. Anal. 18, 161 (1946).  
<sup>16</sup> *В. Штрикс, И. М. Кольтгофф и Танака*, Anal. chem. 26, 209 (1954). <sup>17</sup> *Р. Бенеш  
и Р. Е. Бенеш*, Arch. Biochem. 19, 1 (1948).

О. Г. Баклаваджян

## О представительстве висцеральной афферентной системы в области внутренней капсулы

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. К. Карапетяном 29/X 1962)

В последние годы, в связи с широким применением новейших электрофизиологических методов исследования, значительно расширились и углубились наши представления по физиологии интероцептивного анализатора, основные закономерности работы которого установлены К. М. Быковым<sup>(1)</sup> и его учениками<sup>(2-4 и др.)</sup>.

Новые данные в этой области получены при помощи метода вызванных потенциалов. Благодаря этой методике изучена локализация висцеральных проводящих путей в центральной нервной системе<sup>(5, 10 и др.)</sup>. Путем регистрации первичных ответов коры изучена корковая проекция висцеральной чувствительности и с большой степенью точности установлена топографическая локализация в коре различных висцеральных афферентов<sup>(11-14 и др.)</sup>. В. Н. Черниговский<sup>(15)</sup> рассматривает узколокализованные проекции этих висцеральных афферентов в коре мозга как ядра интероцептивных анализаторов.

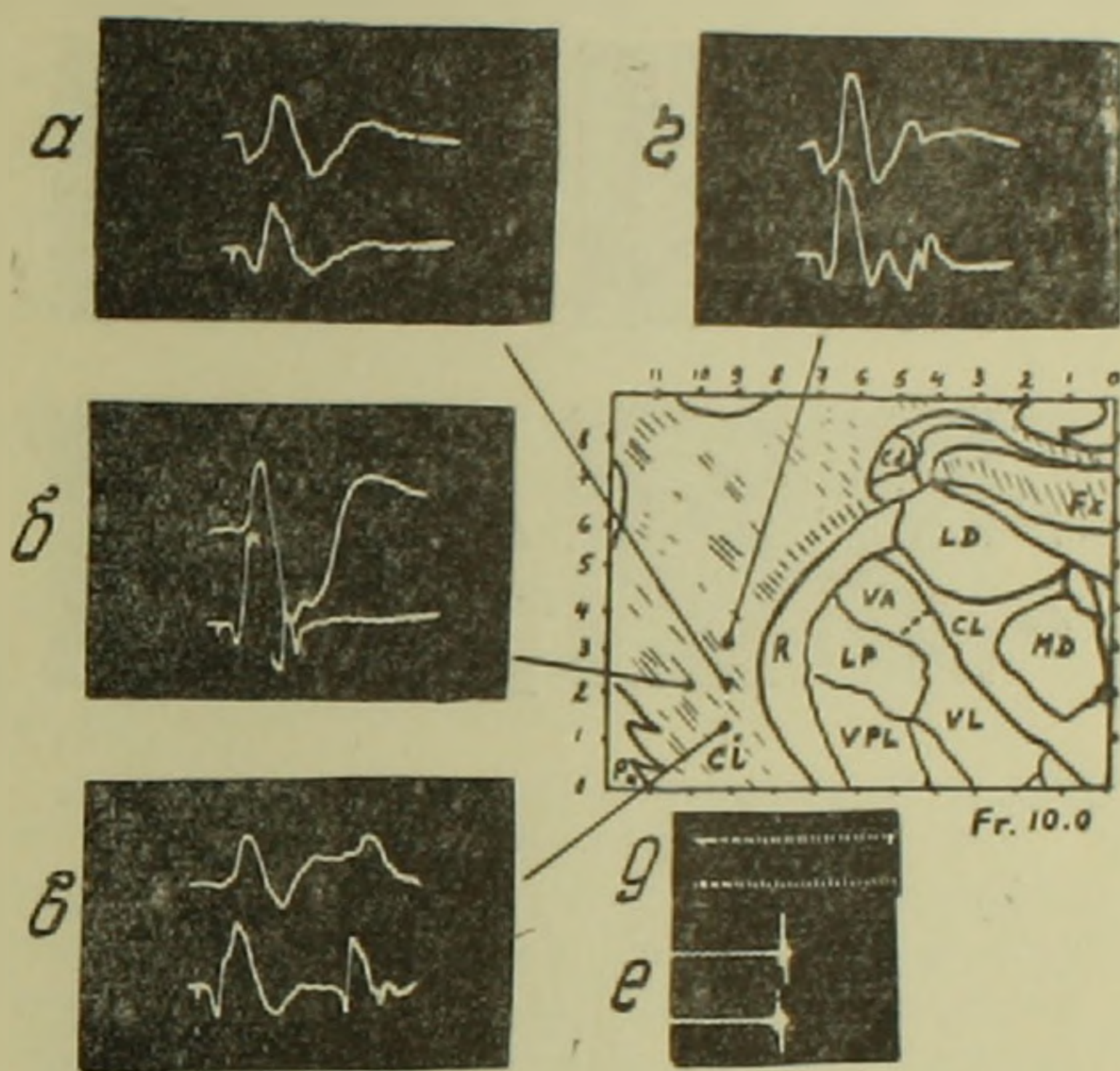
В литературе мы не нашли сведений о наличии и локализации проводящих путей висцеральной сигнализации во внутренней капсуле. Как известно, внутренняя капсула, расположенная между таламусом и хвостатым ядром с медиальной стороны и чечевицеобразным ядром — с латеральной, является главным коллектором проводящих систем головного мозга. Во внутренней капсуле сосредоточены различные по функции и по направлению пучки волокон. Афферентные волокна соматической чувствительности проходят в заднем бедре внутренней капсулы. Здесь расположены таламо-кортикальные пути (чувствительные проводники), которые берут начало в специфических ядрах таламуса. Рядом с ними проходят зрительные и слуховые проекционные пути. В состав заднего бедра входит большая часть проприоцепторов. Заднее бедро внутренней капсулы имеет сложный проводниковый состав. Помимо чувствительных путей, здесь проходят в кортикофугальном направлении кортико-спинальные пирамидные пути, а также проводящие пути экстрапирамидной системы. Установлено<sup>(16)</sup>, что неспецифические пути восходящей активирующей системы ретикулярной формации проходят также через внутреннюю капсулу.

Существует ли во внутренней капсуле вегетативная проекция висцерального происхождения? Какова топографическая локализация этих висцеральных афферентов во внутренней капсуле и совпадает ли она с локализацией соматической чувствительности? Для выяснения этих вопросов мы использовали в своих исследованиях стереотаксическую технику и методику регистрации первичных ответов, вызванных электрическим раздражением чревного нерва.

Исследования проведены на 30 кошках под хлоралозным наркозом (50—70 мг/кг хлоралозы в/п). Чревной нерв выделяли экстраперитонеально, и центральный конец перерезанного нерва фиксировали на воздушном серебряном электроде. Для избежания высыхания нерва его погружали в вазелиновое масло. Нерв раздражали при помощи одинарных и парных стимулов длительностью 0,5 мсек., подаваемых от электронного стимулятора ИГ-1. Во всех опытах с экрана двухлучевого осциллографа регистрировали одновременно потенциалы коры и исследуемой области внутренней капсулы. В начале каждого опыта определялась корковая проекция чревного нерва, и в дальнейшем по ходу всего опыта первичные ответы в коре служили в качестве контроля при исследовании области внутренней капсулы. Опыт прекращался в случае отсутствия ответа в коре. Вызванные потенциалы коры и внутренней капсулы отводили монополярно — иголка индифферентного электрода находилась в лобной кости. При помощи стереотаксического прибора по координатам атласа Джаспера и Ажмон-Марсана в каждом опыте исследовалось до 100 точек. Отводящий глубинный электрод передвигался в вертикальном, латеральном и фронтальном направлениях по 1 мм. Электрод представлял собой тонкую иголку из нержавеющей стали, диаметром 0,2 мм, изолированную на всем протяжении, за исключением кончика, диаметр которого составлял 50—80 м. Потенциалы регистрировались при помощи фотоаппарата «Зенит», синхронизированного с генератором раздражающего тока и ждущей развертки осциллографа. В конце каждого опыта последняя точка под коркового отведения разрушалась электролитически, и место локализации электрода проверялось путем гистологической обработки препарата.

Исходя из данных Айдар, Геогеган и Унгевитера (6), Мак Леода (7) и Дуриньяна (10) о локализации представительства чревного нерва в латеральной части заднего вентрального ядра таламуса, мы решили начать поиски капсулярной проекции чревного нерва в области внутренней капсулы, граничащей с этим специфическим таламическим ядром. Исследуя внутреннюю капсулу от F 8 до F 12 по атласу Джаспера и Ажмон-Марсона, что соответствует области заднего бедра внутренней капсулы, нам удалось определить участок, где отводится первичный ответ при раздражении чревного нерва. Характерные первичные ответы максимальной амплитуды отводятся в зоне F 10, L9, v+2+3. Активный участок узко локализован и при сдвиге электрода на 0,5—1 мм ответ исчезает (фиг. 1). Первичный ответ имеет форму положительно-отрицательного колебания. Латентный период потенциала составляет в среднем 5—7 мсек., длительность положительной фазы 15—20 мсек. Амплитуда положительно-отрицательного комплекса первичного ответа может достигать до 350 мкв.

Амплитуда одной положительной фазы составляет в среднем 60—100 мкв. Иногда вслед за первичным ответом следует вторичное колебание в виде медленной положительной волны. По удалении от строго локализованного фокуса первичного ответа в соседних зонах внутренней капсулы регистрируется вторичный ответ в виде отрицательного колебания с латентным периодом 25—30 мсек (фиг. 2 б, в). Для характеристики периода рефрактерности висцеральной афферентной системы в области внутренней капсулы в серии опытов чревный нерв раздражался парой импульсов, разделенных различными интервалами времени (техника двойного удара). При раздражении нерва парными стимулами установлено, что абсолютный

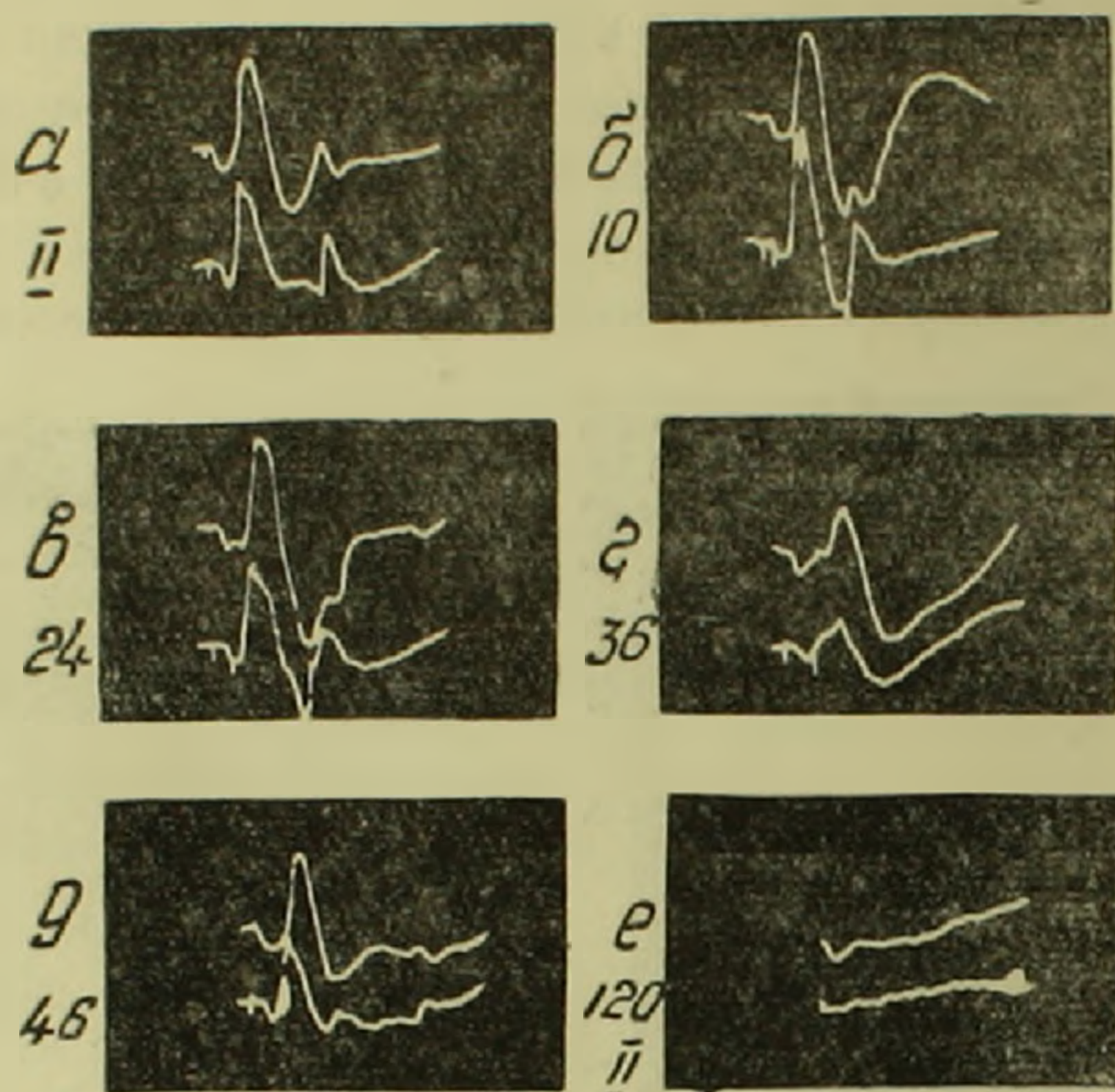


Фиг. 1. Топографическая локализация первичных ответов во внутренней капсуле при раздражении чревного нерва.

На этом и на всех последующих рисунках: верхняя кривая—вызванные потенциалы во внутренней капсуле, нижняя кривая—первичный ответ во II-й соматосензорной зоне проекции чревного нерва в коре мозга. Масштаб усиления—100 мкв, время—100 гц. Отклонение луча вверх означает отрицательное колебание потенциала.

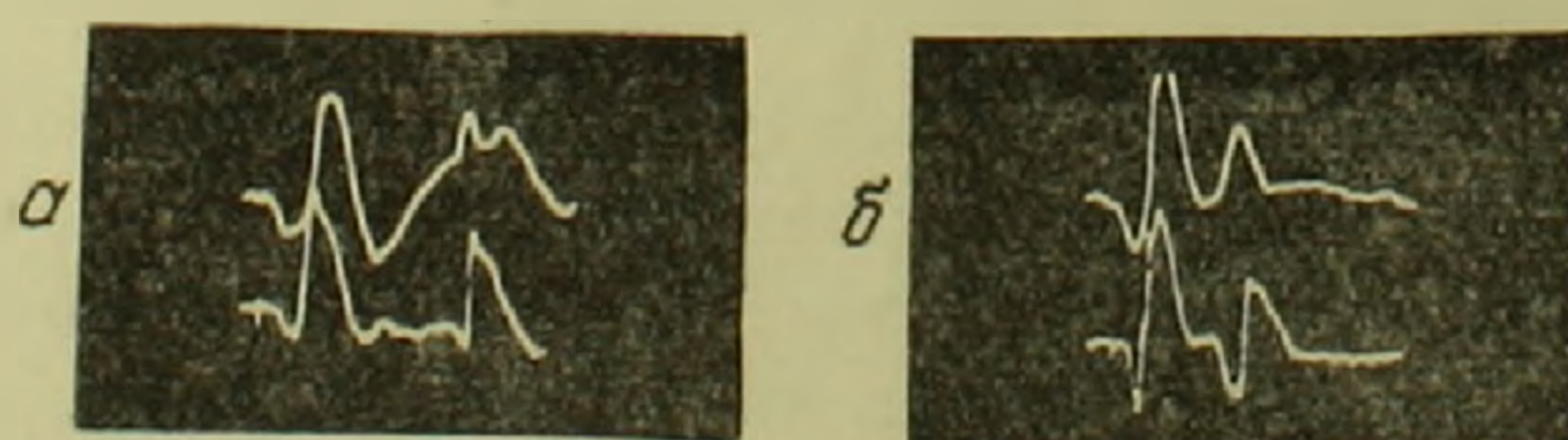
рефрактерный период капсулярного ответа составляет около 15—20 мсек. и в среднем на 10 мсек короче рефрактерности корковых ответов (фиг. 2). Изучение характера взаимодействия обуславливающего и испытательного ударов показало, что после появления ответа на второй удар он потом подавляется снова обычно при интервале между стимулами 25—45 мсек., т. е. наблюдается двухфазное течение кривой восстановления возбудимости нервных структур, проводящих афферентную волну возбуждения. Ответ на второй стимул исчезает обычно тогда, когда второй удар попадает на отрицательную фазу первичного ответа или положительную фазу вторичных ответов (фиг. 2).

При изучении взаимодействия соматовисцеральных проекционных систем установлено (<sup>12</sup>), что представительство соматических и висцеральных афферентных систем перекрываются как на уровне коры, так и на уровне таламуса. В наших опытах мы также наблюдали на уровне внут-



Фиг. 2. Первичные ответы во внутренней капсуле и в коре при применении парных стимулов. Цифры слева от каждого кадра означают расстояние между стимулами в м/сек. а—регистрируется ответ только на II-й (испытательный) стимул; б—хотя и чревной нерв раздражается двойным стимулом (расстояние—120 м/сек), но регистрируется ответ только II-го стимула (синхронизирован запуск второго стимула). Масштаб усиления и отметки времени см. фиг. 1.

ренней капсулы явления пространственной конвергенции. В участках максимального первичного ответа от раздражения чревного нерва всегда можно было регистрировать выраженный первичный ответ от последующего раздражения соматического нерва (седалищный нерв) (фиг. 3).



Фиг. 3. Пространственная конвергенция висцеральных и соматических афферентов в области внутренней капсулы и коры.

а) первичные ответы при раздражении чревного нерва; б) в тех же пунктах первичные ответы при раздражении седалищного нерва.

Полученные нами данные показывают, что в области внутренней капсулы проекция висцеральных афферентных систем локализована в зоне соматической чувствительности капсулы, которую, следовательно, можно назвать афферентной зоной сомато-висцеральной чувствительности (область заднего бедра, соответствующая координатам Джаспера и Ажмон-Марсона F 10, L 9 и v+2+3). Повреждением этих висцеральных проводящих путей в области внутренней капсулы, вероятно, объясняются некоторые симптомы в клинике капсулярной гемиплегии — нарушение функций внутренних органов в послейнсульном периоде. Перекрытие представительства соматической и висцеральной чувствительности свидетельствует о конвергенции сигналов различных модальностей ниже капсулярного уровня. Этой конвергенцией объясняются явления отраженных болей при заболеваниях внутренних органов.

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

#### 2. Գ. ԲԱԳԼԱՎԱԶՅԱՆ

#### ՆԵՐՔԻՆ ԿԱԿՍՈՒՂԱՅԻ ՇՐՋԱՆՈՒՄ ՎԻՍՇԵՐԱՂ ՎՓԵՐԵՆՆԱ ԽԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄԻ ՆԵՐԿԱՅԱԳՈՒԾՅՈՒՄԻ ՄԱՍԻՆ

1. Ներքին կապսուլայի հետին ազդրի շրջանում (կապսուլայի սոմատո-սենզոր շրջան) ռեզերվային ներվի էլեկտրական գրգռումից գրանցվում է 5—7 միլիվրկ գաղտնի շրջանով դրական-բացասական ձևի պոտենցիալ, Պոտենցիալի դրական ֆազայի տևողությունը 15—20 միլիվրկ է:

2. Նշված առաջնային պատասխանի ռեֆրակտեր շրջանը կեղևային ռեֆրակտերականությունից ազնիվ կարճ է և միջինը կազմում է 20 միլիվրկ:

3. Ըստ Զասպերի և էկմոն-Մարսանի ստերիոտակսիկ ատլասի կոորդինատի մարսիմալ ակտիվության պրոեկցիան գտնվում է F—10 L—9 և V+2+3 շրջաններում:

Ընդերային ներվի կապսուլային պրոեկցիայի շրջանում նկատվում է վիսցերալ և սոմատիկ գաղափարային կոնվերգենցիա, որը հաստատում է կապսուլյար մակարդակից ցած սոմատո-վիսցերալ վֆերենտ համակարգությունների սերտ փոխազդեցությունների գոյության մասին եղած տվյալները:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> К. М. Быков, Кора головного мозга и внутренние органы, 1942, Медгиз, 1954.
- <sup>2</sup> В. Н. Черниговский, Интерорецепторы, Медгиз, 1960.
- <sup>3</sup> Э. Ш. Айрапетьянц, Высшая нервная деятельность и рецепторы внутренних органов. Изд. АН СССР, Л., 1952.
- <sup>4</sup> И. А. Булыгин, Исследование закономерностей и механизмов интероцептивных рефлексов. Изд. АН БССР, Минск, 1959.
- <sup>5</sup> В. Э. Амаян, J. Neurophysiol., 1951, v. 14, № 6, p. 445.
- <sup>6</sup> О. Айдер, А. Геогеган, А. Унговитер, J. Neurophysiol., 1952, v. 15, № 2, p. 131.
- <sup>7</sup> П. Делл, Р. Олсон, C. R. Soc. Biol., 1951, v. 145, № 113—14, p. 1084.
- <sup>8</sup> С. В. Доунмен, J. Physiol., 1951, v. 113, p. 434.
- <sup>9</sup> Дж. Мак Леод, J. Physiol., 1958, v. 140, p. 462.
- <sup>10</sup> Р. А. Дуриная, Докл. АН СССР, т. 124, № 6, стр. 1363 (1959). Он же, в кн.: Тезисы докладов Первого всесоюзного совещания по вопросам физиологии вегетативной нервной системы и мозжечка, стр. 80—82, Ереван, 1961.
- <sup>11</sup> В. Э. Амаян, J. Neurophysiol., 1951, v. 14, № 6, p. 433.
- <sup>12</sup> К. М. Кулланда, Бюлл. exper. биол. и мед., 1957, т. 18, в. 5, стр. 3.
- <sup>13</sup> В. Е. Делов, И. А. Адамович и А. И. Боргест, Физиол. журн. СССР, 1961, т. 47, № 9, стр. 1083—1086.
- <sup>14</sup> В. Э. Амаян, Res. Publ. Ass. Nerv. Ment. Dis., 1952, 30, p. 371.
- <sup>15</sup> В. Н. Черниговский, Журн. высш. нервн. деят., 1956, т. 6, в. 4, стр. 53.
- <sup>16</sup> Т. Старцл, С. Тейлор, Г. Мэгун, J. Neurophysiol., 1951, v. 14, № 6, p. 461.

З. Л. Долабчян

### Векториальное изучение электрических сил сердца при гипертонической болезни

(Представлено академиком АН Армянской ССР Л. А. Оганесяном 21/I 1963)

Векториальный метод анализа является попыткой внедрения в электрокардиологию точности и объективности количественных математических измерений. Такая попытка была впервые сделана еще Эйнтховеном, Фаром и де-Ваартом <sup>(1)</sup>, когда они предложили определить электрическую ось сердца с помощью равностороннего треугольника. В этом направлении определенную роль играли и работы Манна <sup>(2)</sup> по получению монокардиограммы из моментных осей электрокардиограммы в стандартных отведениях. Однако широкое и настоящее развитие векторкардиографии и вообще векториального принципа начинается лишь после применения электроннолучевой трубки в клинических кардиологических исследованиях <sup>(3-5)</sup>.

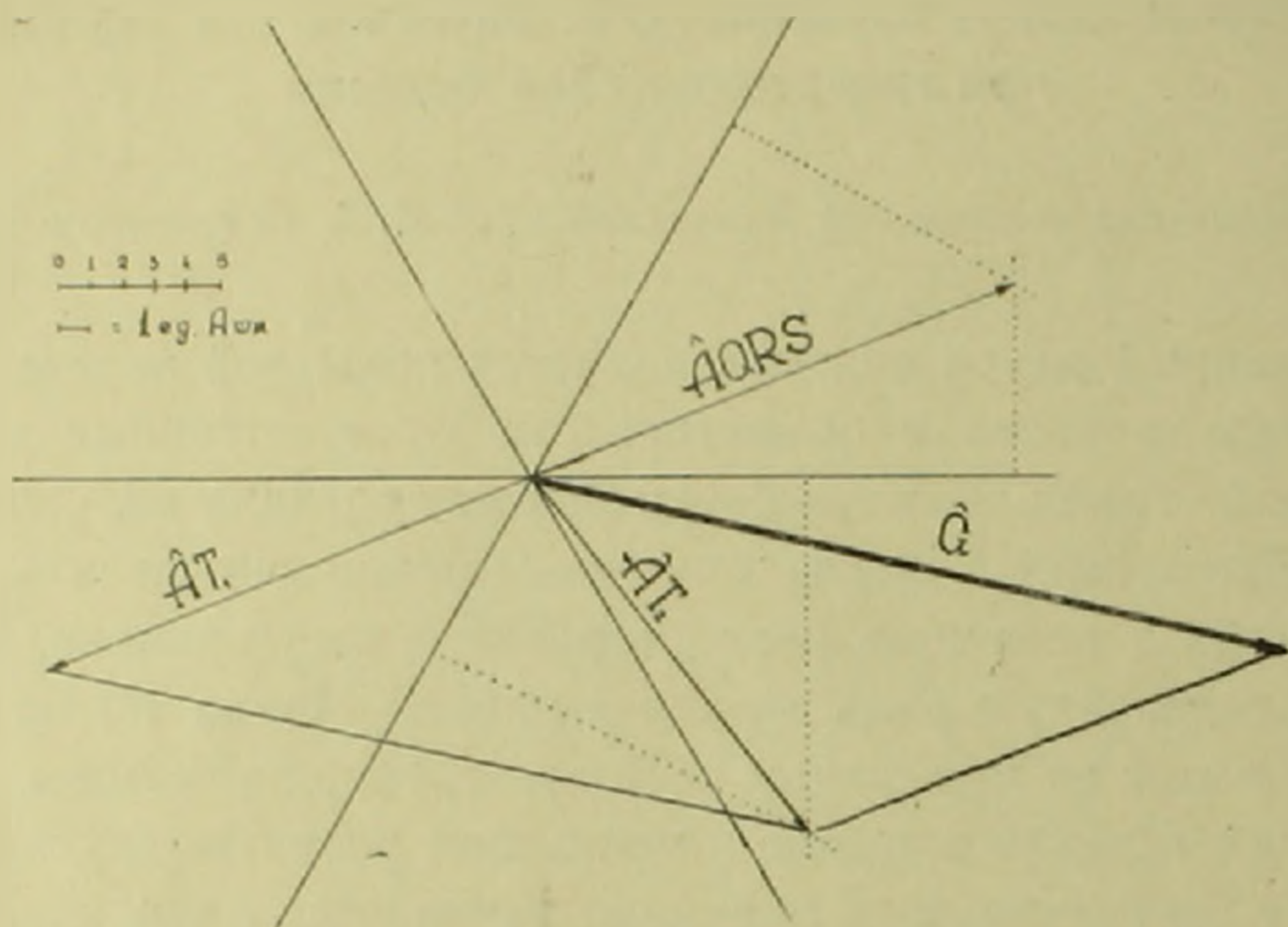
В настоящей работе мы задались целью изучить электрические силы сердца при гипертонической болезни с применением векториального метода анализа. Такое изучение в комплексе синтетической электрокардиологии <sup>(6)</sup> может значительно обогатить наши представления о сердечном механизме при артериальной гипертонии.

Под наблюдением было 130 больных гипертонической болезнью; первая стадия диагностирована у 33, вторая—у 62, третья—у 35 (по классификации Института терапии АМН СССР). Мужчин было 49, женщин 81. Возраст больных колебался от 20 до 70 лет, средний возраст 40—60 лет. Все больные подвергались детальному клиническому, лабораторному и инструментальному методам исследования. Было произведено подробное электрокардиологическое обследование методами электрокардиографии в 12 отведениях, векторкардиографии, баллистокардиографии и фонокардиографии. С целью проведения векториального анализа были рассмотрены следующие явления: электрические оси QRS и Т, желудочковый градиент, пространственная векторэлектрокардиограмма и векторкардиограмма.

Электрическая ось была определена на фронтальной (RLF) плоскости путем планиметрического измерения площади QRS и Т. Величина оси выражалась в единицах Ашмана (одна единица Ашмана = 4 микровольт-

секундам), а направление ее определялось по локализации на обычной системе координат; устанавливался угол QRS-T (фиг. 1).

Желудочковый градиент  $\hat{G}$  определялся следующим способом. Известно, что  $\hat{AT} = \hat{G} - \hat{QRS}$ . В случае отсутствия желудочкового градиента  $\hat{AT}$  будет равняться  $\hat{QRS}$ . Такой гипотетический зубец-T обозначается как  $\hat{AT}_1$ , а фактически регистрируемый как  $\hat{AT}_2$  (7, 8). Характер  $\hat{AT}_2$  зависит от взаимоотношения между  $\hat{AT}_1$  и  $\hat{G}$ , причем, согласно правилам сложения векторов, можно считать, что  $\hat{AT}_2$



Фиг. 1. Электрические оси QRS и T и желудочковый градиент у 6-ой Б. А. с гипертонической болезнью IIa стадии. Данные планиметрического измерения:  $QRS_I = 14,8$  ед.,  $QRS_{III} = -12,5$  ед.,  $T_I = 7,8$  ед.,  $T_{III} = 5,7$  ед. Данные электрических осей:  $\hat{QRS}$  — величина 15,8 ед., сектор расположения —  $20^\circ$ ,  $\hat{AT}$  — величина 13,8 ед., сектор расположения —  $54^\circ$ , угол QRS-T —  $75^\circ$ . Данные желудочкового градиента: величина — 23 ед., сектор расположения —  $13^\circ$ , угол  $\hat{QRS}-\hat{G}$  —  $33^\circ$ .

является диагональю параллелограмма, образуемого с помощью  $\hat{AT}_1$  и  $\hat{G}$ . Как показано на фиг. 1, на обычную трехосевую систему стандартных отведений наносятся планиметрически установленные площади и выраженные в единицах Ашмана  $\hat{AT}_2$  и  $\hat{AT}_1$  (последний равняется размерам  $\hat{QRS}$ , но имеет противоположное расположение на  $180^\circ$ ), и, имея в основе  $\hat{AT}_2$  как диагональ и  $\hat{AT}_1$  как одна сторона, рисуется параллелограмм. Та сторона, которая исходит из общей точки, представляет  $\hat{G}$ : измеряется его величина в единицах Ашмана, устанавливается его направление, измеряется угол  $\hat{QRS}-\hat{G}$ .

Пространственная векторэлектрокардиограмма была выведена из электрокардиограммы по следующему принципу. Известно, что электро-

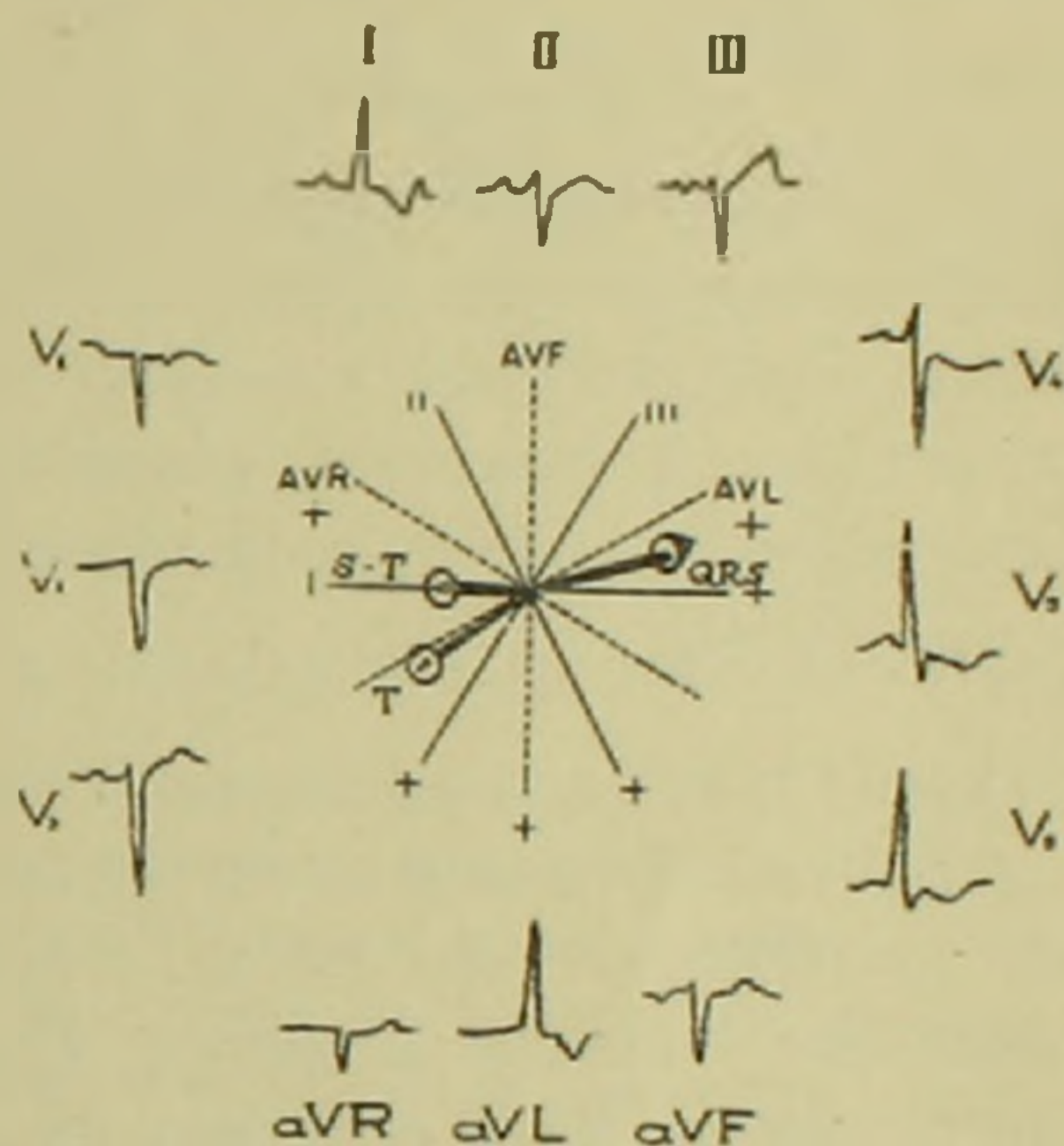
кардиографическое колебание является отражением среднего электрического вектора данной фазы возбуждения сердца и характер кривой в любом отведении зависит от соотношения между осью отведения и положением этого вектора. В общих чертах можно сказать, что амплитуда электрокардиографического колебания зависит от степени проецирования данного вектора на ось данного отведения: если вектор расположен параллельно к оси отведения, будет регистрироваться максимальное колебание, если он имеет перпендикулярное направление к оси отведения, колебания вообще не будет. Исходя из таких позиций, можно определить пространственное расположение QRS и T в фронтальной и сагиттальной плоскостях (фиг. 2), имея в виду, что оси двухполюсных или однополюсных отведений от конечностей расположены на фронтальной плоскости тела, а оси прекардиальных отведений локализованы на горизонтальной плоскости (9,10).

Векторкардиограмма записывалась по прекардиальной системе И. Т. Акулиничева аппаратом ВЭКС-1 (усиление 1 mv = 10 мм). Полученные петли в разных проекциях были подвергнуты детальному качественному и количественному анализу, располагая их по системе развернутого конверта.

Все количественные данные, полученные описанными методами, были обработаны методом вариационной статистики.

$\Delta$ QRS в подавляющем большинстве случаев был отклонен влево, причем это отклонение нарастает наряду с развитием тяжести болезни.  $\Delta$ T часто расположен справа от  $\Delta$ QRS. Как видно из табл. I, увеличение угла QRS-T постепенно нарастает по мере прогрессирования болезни; этот угол колеблется в больших пределах. Величина  $\Delta$ QRS несколько больше чем в норме; во всех стадиях болезни она почти одинакова. Что касается величины  $\Delta$ T, то наблюдается постепенное ее уменьшение параллельно с развитием тяжести болезни.

Как показано в табл. I, величина желудочкового градиента постепенно уменьшается по мере нарастания стадии болезни. Однако, если величина градиента в первой стадии значительно отличается от величины во второй стадии, то в третьей стадии она мало отличается от величины во второй стадии. Желудочковый градиент в первой стадии болезни расположен лишь в положительном секторе системы координат. Во второй



Фиг. 2. Получение пространственной векторэлектрокардиограммы из электрокардиограммы у 6-го В. К. гипертонической болезнью III стадии. Вектор QRS направлен влево назад, вектор T ориентирован вправо вперед; направление вектора RS-T параллельно вектору T.

Таблица 1

| Компонент                                            | Стадия болезни     |                                      |                                       |
|------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                      | первая             | вторая                               | третья                                |
| Угол QRS-T (в градусах) . . .                        | $19,28 \pm 12,39$  | $57 \pm 18,64$                       | $64,58 \pm 23,47$                     |
| Величина $\hat{A}QRS$ (в един. Ашмана)               | $8,57 \pm 3,33$    | $8,28 \pm 3,09$                      | $8,50 \pm 3,32$                       |
| Величина $\hat{AT}$ (в един. Ашмана)                 | $8 \pm 3,75$       | $6,87 \pm 2,99$                      | $5,70 \pm 3$                          |
| Сектор расположения $\hat{G}$ (в градусах) . . . . . | $+38,37 \pm 16,17$ | $+32,4 \pm 15,16$<br>$-35 \pm 18,97$ | $+38,33 \pm 19,72$<br>$-20 \pm 18,93$ |
| Величина $\hat{G}$ (в един. Ашмана)                  | $18,21 \pm 5,62$   | $12,70 \pm 6,37$                     | $11,34 \pm 5,94$                      |

стадии она отклоняется влево и в отдельных случаях располагается в отрицательном секторе. В третьей стадии расположение желудочкового градиента приближается к сектору первой стадии, но при этом учащаются случаи, когда градиент расположен в отрицательном секторе. По мере нарастания стадии болезни наблюдалось определенное увеличение угла  $\hat{A}QRS-\hat{G}$ . Этот угол колебался в больших пределах (от  $0^\circ$  до  $145^\circ$ ), и градиент был чаще расположен справа от  $\hat{A}QRS$ .

Векторэлектрокардиографические данные указывают на перемещение вектора QRS влево и назад. Вектор Т нередко принимает обратное направление — вправо и вперед. Угол QRS-T часто увеличивается и появляется вектор RS-T с направлением, параллельным вектору Т. Означенные изменения несколько углубляются по мере нарастания болезни.

На векторкардиограмме (фиг. 3) часто наблюдаются изменения формы, контура и расположения петли QRS, увеличение угла QRS-T и расположение петли Т вне пределов петли QRS, вплоть до появления полной дискордантности между ними. Трасса петли QRS довольно часто не меняется. Означенные изменения постепенно усиливаются по мере развития тяжести болезни. Такая стадийность хорошо выявляется со стороны главных показателей петли QRS (табл. 2).

Таблица 2

| Компонент петли QRS                    | Стадия болезни     |                    |                   |
|----------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|                                        | первая             | вторая             | третья            |
| Сектор расположения (в градусах)       | $+39,81 \pm 11,66$ | $+33,52 \pm 12,33$ | $+31,1 \pm 11,04$ |
| Максимальный вектор (в см) . .         | $1,95 \pm 0,79$    | $2,13 \pm 0,87$    | $2,63 \pm 1,04$   |
| Максимальная ширина (в мм) . .         | $5,13 \pm 3,76$    | $7,59 \pm 3,98$    | $9,20 \pm 5,01$   |
| Площадь (в см <sup>2</sup> ) . . . . . | $0,78 \pm 0,63$    | $1,73 \pm 1,06$    | $2,44 \pm 1,48$   |

Как видно из таблицы, по мере прогрессирования стадии болезни петля QRS постепенно поворачивается влево (следует еще иметь в виду, что в отмеченных средних величинах не приводятся случаи, особенно во второй или третьей стадии болезни, когда максимальный вектор петли QRS был

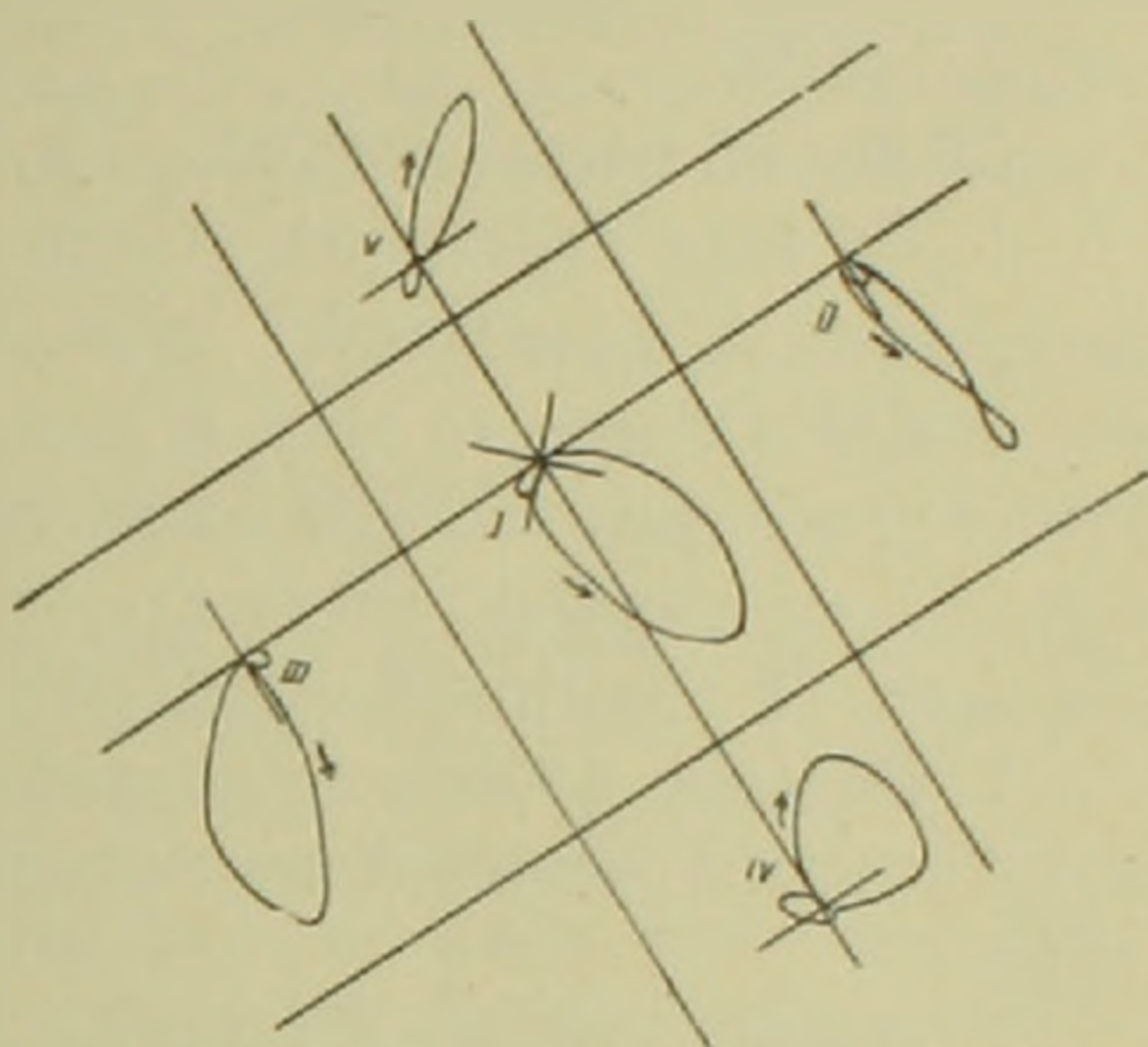
расположен на отрицательном секторе системы координат). Наряду с поворотом оси влево, отмечается постепенное увеличение максимального вектора, максимальной ширины и площади петли. При этом пространственное расположение петли ориентируется влево, вниз и назад; другое расположение встречается редко.

Картина желудочкового градиента дает важные сведения о характере патологически измененных зубцов Т. Полученные нами данные, в частности, в отношении угла  $\angle QRS-T$  и величины градиента указывают на первичный характер изменений зубца Т при гипертонической болезни, т. е. эти изменения не обусловлены изменениями процесса деполяризации, они являются отражением диффузных патологических явлений в самом миокарде, в результате чего процесс реполяризации протекает не по нормальному механизму.

Постепенное уменьшение величины  $\angle T$  обусловлено постепенным увеличением перенапряжения левого желудочка и ухудшением питания миокарда; об этом говорит и увеличение угла  $\angle QRS-T$ . Интересно, что при этом  $\angle QRS$  увеличен в небольшой степени, но одинаково во всех стадиях болезни. Этот факт соответствует данным электрокардиографического исследования у этих же больных; гипертрофия левого желудочка у них была обнаружена начиная еще с первой же стадии болезни (II).

Синтез данных векторэлектрокардиографии и векторкардиографии указывает на то, что при гипертонической болезни постепенно увеличивается гипертрофия левого желудочка. Об этом свидетельствуют, в частности, данные угла  $\angle QRS-T$ , постепенное отклонение вектора  $QRS$  влево, увеличение параметров и площади петли  $QRS$  и пространственная ориентация ее влево, вниз и назад.

Повторные исследования в конце полного курса лечения выявляют небольшие изменения. Можно лишь отметить, что нередко уменьшается угол  $\angle QRS-T$ , иногда наблюдается определенное улучшение желудочкового градиента, векторкардиограммы и остальных показателей векторного разбора.



Фиг. 3. Векторкардиограмма у 6-го О. Г. гипертонической болезнью IIIa стадии. Петля  $QRS$  имеет форму эллипса в I и III проекциях; во II проекции имеется перекручивание. Петли замкнутые, контуры ровные; вращение луча в I и II проекциях против часовой стрелки, в III, IV и V проекциях по часовой стрелке. Петля  $T$  в I, III, IV и V проекциях расположена вне пределов петли  $QRS$ . Количественные данные петли  $QRS$  в I проекции: сектор расположения  $27^\circ$ , величина максимального вектора  $3,7$  см, максимальная ширина  $17$  мм, площадь  $4,15$  см<sup>2</sup>, угол  $\angle QRS-T$   $76^\circ$ . Петля  $QRS$  пространственно расположена влево вниз и назад. Электрокардиографическое заключение у данного больного: ритм синусовый, правильный, гипертрофия левого желудочка, изменения миокарда предсердий, некоторое нарушение питания миокарда.

Таким образом, векториальный метод анализа значительно дополняет данные обычного анализа электрокардиограммы в изучении сердечного механизма при гипертонической болезни. В этом отношении особенно ценное значение приобретает принцип синтеза данных ряда векториальных методов, который дает возможность обнаружить определенные закономерности. Такой способ оказался очень эффективным для изучения постепенности развития процессов гиперфункции сердца и явлений коронарной недостаточности.

Обобщая, можно сделать следующие выводы.

1. По мере нарастания стадии гипертонической болезни угол QRS-T увеличивается, величина  $\hat{A}T$  уменьшается;  $\hat{A}QRS$  одинаково увеличен в небольшой степени во всех стадиях болезни; меняется расположение и особенно величина желудочкового градиента; подробный анализ всех критериев желудочкового градиента определяет первичный характер изменений зубца T при гипертонической болезни.

2. По мере нарастания болезни вектор QRS ориентируется больше влево и назад; вектор T нередко приобретает противоположное направление.

3. Петля QRS часто деформирована, петля T расположена вне пределов QRS с увеличением угла между максимальными их векторами; по мере нарастания болезни увеличиваются максимальный вектор, максимальная ширина и площадь петли QRS, и она пространственно располагается влево, вниз и назад.

4. Векториальный метод анализа с применением методов определения всех показателей  $\hat{A}T$ ,  $\hat{A}QRS$ , желудочкового градиента, векторэлектрокардиограммы и векторкардиограммы значительно дополняют данные обычного электрокардиографического разбора при изучении электрических сил сердца; при гипертонической болезни, в частности, этот метод значительно способствует выявлению динамики электрических процессов развития гипертрофии левого желудочка и коронарной недостаточности.

Институт кардиологии и сердечной хирургии

Академии наук Армянской ССР

## 2. L. ԴՈԼՍԲՋՅԱՆ

### Սրտի էլեկտրական ուժերի վեկտորական ուսումնասիրությունը հիպերտոնիկ հիվանդության ժամանակ

Հիպերտոնիկ հիվանդությամբ տառապող 130 հիվանդի մոտ կատարված է սրտի էլեկտրական ուժերի վեկտորական վերլուծում: Այդ նպատակով բացի մանրամասն կլինիկական, լաբորատորային և էլեկտրոկարդիոլոգիական հետազոտությունից, ուսումնասիրված է QRS և T էլեկտրական առանցքները, փորձային դրադիենտը, տարածական վեկտորէլեկտրոկարդիոգրաման և վեկտորկարդիոգրաման:

Ատացված տվյալները թույլ են տալիս կատարելու որոշ հետևություններ:

1. Հիպերտոնիկ հիվանդության զարգացման հետ զուգահեռ մեծանում է QRS-T անկյունը և  $\hat{A}T$ -ի չափը.  $\hat{A}QRS$ -ը հիվանդության բոլոր ստադիաներում հավասարաչափ է մեծացած, այն էլ ոչ մեծ չափերի. փոխվում է փորձային դրադիենտի դիրքը և հատկապես մեծությունը:

զրադիենտի բոլոր տվյալները ցույց են տալիս T ատամիկի փոփոխությունների առաջնային բնույթը՝

2. Հիվանդության զարգացման հետ զուգահեռ QRS վեկտորը ուղղվում է ավելի ձախ և նախ, T վեկտորը հաճախ բնդունում է հակառակ ուղղություն:

3. QRS օղակը հաճախ ձևափոխված է, T օղակը տեղափոխված է QRS օղակի սահմաններից դուրս և նրանց մաքսիմալ վեկտորների միջև եղած անկյունը մեծացած է. հիվանդության զարգացման հետ զուգահեռ մեծանում է QRS օղակի մաքսիմալ վեկտորը, մաքսիմալ լայնությունը, մակերեսը և նաև տարածության մեջ տեղադրվում է դեպի ձախ, ցած և նախ:

4. Վեկտորական վերլուծումը զգալիորեն լրացնում է սովորական էլեկտրոկարդիոգրաֆիական վերլուծման տվյալները. հիսլերտոնիկ հիվանդության ժամանակ նման մոտեցումը նպաստում է հայտնաբերելու ձախ փորոքի զերածի և պսակաձև անբավարարության զարգացման աստիճանականությունը:

## ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆ ՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> В. Эйнтховен, Г. Фар и А. де Ваарт, Arch. f. d. ges. Physiol. 150: 275, 1913.  
<sup>2</sup> Г. Манн, Arch. Int. Med. 25: 497, 1937. <sup>3</sup> Ф. Шеллонг, С. Геллер и Е. Швингел, Ztschr. f. Kreislauforsch. 29: 497, 1937. <sup>4</sup> Ф. Н. Вильсон и Ф. Д. Джонстон, Am. Heart J. 16: 497, 1938. <sup>5</sup> Н. Т. Акулиничев, Практические вопросы векторкардиоскопии, М., 1960. <sup>6</sup> З. Л. Долабчян, Тез. докл. 5-й кардиолог. конф., Кисловодск, 1961, 43—44. <sup>7</sup> R. P. Grant, Clinical Electrocardiography. The Spatial Vector Approach. McGraw-Hill Book Co., New-York, 1957. <sup>8</sup> Е. Л. Кушинский, Тер. арх., 1959, 7. 61—69.  
<sup>9</sup> R. P. Grant and E. H. Estes, Spatial Vector Electrocardiography, The Blakiston Division, 1951. <sup>10</sup> J. W. Hurst and G. C. Woodson, Atlas of Spatial Vector Electrocardiography, The Blakiston Co., 1952. <sup>11</sup> З. Л. Долабчян, Журнал экспер. и клин. мед., Ереван, 1962, 3. 49—56.

