

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

XXX, № 3

1960

Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ս. ԴԱՎԹՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս,
Վ. Մ. ԹԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ,
Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադե-
միկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ (պատ. խմբագրի
տեղակալ), Ս. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ
ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՌ ԳԱ
ակադեմիկոս, Մ. Մ. ՋՐԲԱՇՅԱՆ, ՀՍՍՌ
ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր):

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик АН
АрмССР, Г. С. ДАВТЯН, академик АН
АрмССР, М. М. ДЖРБАШЯН, академик
АН АрмССР (отв. редактор), В. О.
КАЗАРЯН (зам. отв. редактора), С. С.
МКРТЧЯН, академик АН АрмССР, А. Г.
НАЗАРОВ, академик АН АрмССР, В. М.
ТАРАЯН, чл.-корресп. АН АрмССР.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Մ'աքեմառիկա

Ա. Ա. Թալալյան—Տարածության բաղիւնների արքերի սահմանային ֆունկցիաների մասին 129

Մ'եխանիկա

Ա. Գ. Բազդոեվ և Է. Մ. Ներսիսյան—Կամայական ճնշման թափանցումը սեղմելի հեղուկի մեջ 133

Առաձգականության հետազոտում

Ու ժուլ-ձին—Պրիզմատիկ ձողերի ծոուժը չկայունացված սողքի սլայմաններում 139

Դինամիկական օգեռնութաբանություն

Ա. Մ. Միսիրսյան—Սկանա լճի մակերևույթից դուրսը շրջման որոշման հարցի մասին 149

Երկրաբանություն

Ա. Թ. Վեհունի—Հարավային Հայաստանի հրաբխային օլիգոցենի մասին 157

Հանքաբանություն

Գ. Հ. Պիջյան—Մի սլիշնձ-մոլիբդենային հանքավայրի դերմանիումի միներալները և դերմանիում սլարունակող սուլֆիդները 163

Սիսեմառիկա

Ե. Մ. Ավետիսյան—Heterocaryum ցեղի սլալինոսիստեմատիկան 169

Ֆիզիոլոգիա

Ս. Կ. Կարապետյան, ՀՄՍԻ ԳԱ աղագեմիկոս, Վ. Ա. Վարդանյան և Ի. Գ. Բալսանյան—Ռենտգենյան ճառագայթների միջին և փոքր դոզաների ներգործությունը տնային թռչունների վերարտադրական ֆունկցիաների վրա 175

Լ. Ս. Վամբարյան—Պրոպրիոցեպտիկ ազդանշանման «լրացուցիչ» ուղիների էլեկտրաֆիզիոլոգիական հիմնավորումը 183

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Математика

- А. А. Талалян*—О предельных функциях рядов по базисам пространства L_p 129

Механика

- А. Г. Багдоев и Э. М. Нерсисян*—Проникание произвольного давления в сжимаемую жидкость 135

Теория ползучести

- У Жуй-фын*—Изгиб призматических стержней в условиях неустановившейся ползучести 139

Прикладная метеорология

- А. М. Мхитарян*—К вопросу об определении испарения с поверхности озера Севан 149

Геология

- А. Т. Вегуни*—О вулканогенном олигоцене южной Армении 157

Минералогия

- Г. О. Пиджян*—Германиевые минералы и германиеносные сульфиды одного медно-молибденового месторождения 163

Систематика

- Е. М. Аветисян*—К палиносистематике рода *Heterosagittis* DC 169

Физиология

- С. К. Карапетян*, академик АН АрмССР, *В. А. Варданян* и *Р. Г. Баласянян*—Действие однократного рентгеновского облучения малыми и средними дозами на репродуктивную функцию домашней птицы 175

- Л. С. Гамбарян*—Электрофизиологическое обоснование „дополнительных“ путей проприоцептивной сигнализации 183

МАТЕМАТИКА

А. А. Талалян

О предельных функциях рядов по базисам пространства L_p

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Л. Шагиняном 18. I 1960)

В настоящей заметке мы сформулируем некоторые теоремы о пределах неопределенности по мере и о предельных функциях рядов

$$\sum_{n=1}^{\infty} c_n \varphi_n(x), \quad (1)$$

где $\{\varphi_n(x)\}$ есть любой нормированный базис пространства $L_p[0,1]$, $p > 1$.

Эти теоремы являются обобщениями теорем Д. Е. Меньшова, доказанных в том частном случае, когда базис $\{\varphi_n(x)\}$ совпадает с ортогональным и нормированным базисом тригонометрической системы ⁽¹⁻³⁾

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}, \frac{\cos x}{\sqrt{\pi}}, \frac{\sin x}{\sqrt{\pi}}, \dots, \frac{\cos nx}{\sqrt{\pi}}, \frac{\sin nx}{\sqrt{\pi}}, \dots \quad (2)$$

Основным средством при доказательстве таких теорем для рядов вида (1) является следующая лемма, которая следует из леммы 2 работы ⁽⁴⁾.

Лемма А. Пусть $\{\varphi_n(x)\}$ — нормированный базис пространства $L_p[0,1]$, $p > 1$.

Пусть, далее, $f(x)$ произвольная, почти везде конечная измеримая функция, определенная на $[0,1]$.

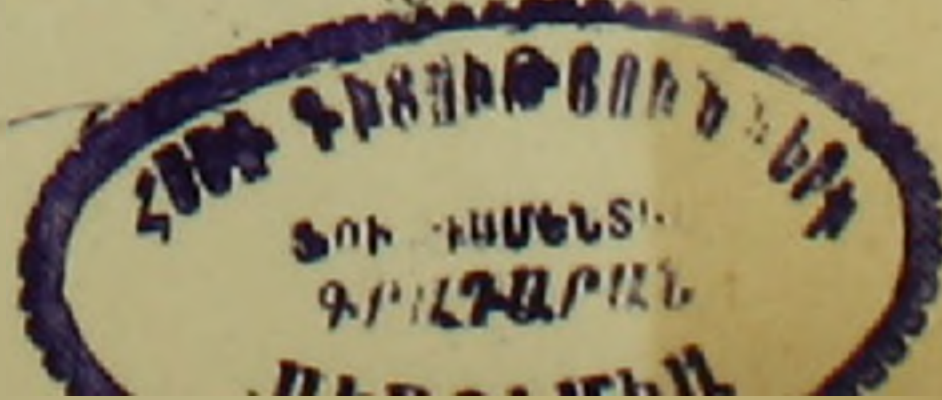
Тогда для любого положительного числа ε и натурального числа n можно определить измеримое множество e_0 и действительные числа $a_{n+1}, a_{n+2}, \dots, a_m$, удовлетворяющие следующим условиям

- а) $e_0 \subset [0,1]$, $\text{mes } e_0 \leq \varepsilon$
- б) $|a_k| \leq \varepsilon$, $n+1 \leq k \leq m$

$$\gamma) \left\| \sum_{k=n+1}^m a_k \varphi_k(x) - f(x) \right\|_{L_p(e_0)} \leq \varepsilon, \text{ где } e_0 = [0,1] - e_0^*$$

* Мы обозначаем

$$\|g(x)\|_E = \left(\int |g(x)|^p dx \right)^{1/p}$$



$$\delta) \left\| \sum_{k=n+1}^s a_k \varphi_k(x) \right\|_e \leq \varepsilon + \|f(x)\|_e, \quad n+1 \leq s \leq m,$$

где e произвольное измеримое подмножество множества $[0, 1] - e_0$.

Как следствие леммы А, можно доказать следующую лемму.

Лемма В. Пусть $\{\varphi_n(x)\}$ — нормированный базис пространства $L_p[0, 1]$, $p > 1$.

Для любой почти везде конечной измеримой функции $f(x)$, для любого положительного числа $\sigma < 1$ и для произвольного натурального числа L можно определить многочлен

$$H(x) = \sum_{j=L+1}^{L'} a_j \varphi_j(x) \quad (3)$$

числа γ_n и измеримые множества $E_n, Q_n, n = L+1, L+2, \dots, L'$, которые удовлетворяют следующим условиям

$$1) \text{mes } E_n \leq \sigma, \quad E_n \subset [0, 1] \quad (L < n \leq L')$$

$$2) Q_n \subset Q_{n+1} \subset [0, 1] \quad (L < n \leq L')$$

$$3) \left| \sum_{j=L+1}^n a_j \varphi_j(x) - f(x) \right| < \sigma \quad (x \in Q_n - E_n, L < n \leq L')$$

$$4) \left| \sum_{j=L+1}^n a_j \varphi_j(x) \right| < \sigma \quad (x \in [0, 1] - Q_n - E_n, L < n \leq L')$$

$$(x \in [0, 1] - Q_n - E_n; L < n \leq L')$$

$$5) \gamma_{L'} = 1, \quad 0 < \gamma_n \leq 1 \quad (L < n \leq L')$$

$$6) |a_j| \leq \sigma \quad (L < j \leq L')$$

$$7) \left| \frac{\text{mes}(Q_n \cdot [c, d])}{d - c} - \gamma_n \right| < \sigma \quad (L < n \leq L')$$

для любого сегмента $[c, d]$ такого, что

$$d - c \geq \sigma, \quad [c, d] \subset [0, 1].$$

Формулировка леммы (В) та же самая, что и формулировка леммы Д. Е. Меньшова ((¹) лемма 4.3, стр. 41), при этом лемма В несколько сильнее, так как в ее формулировке $f(x)$ произвольная почти везде конечная измеримая функция, а в указанной лемме работы (¹) предполагается, что $f(x)$ непрерывная функция.

Из сказанного вытекает, что все те свойства тригонометрических рядов, которые получаются как следствие леммы 4.3 работы ⁽¹⁾, имеют место также для любых базисов $\{\varphi_n(x)\}$ пространства $L_p[0, 1]$, $p > 1$.

В частности справедлива следующая

Лемма С. Пусть даны измеримые функции $F_0(x)$, $F_1(x)$ и $f_m(x)$, $m=1, 2, \dots$; определенные почти всюду на сегменте $[0, 1]$, причем

$$-F_1(x) \leq f_m(x) \leq F_0(x) \quad (m=1, 2, \dots) \quad (4)$$

Тогда для любого нормированного базиса $\{\varphi_n(x)\}$ пространства $L_p[0, 1]$, $p > 1$ существует ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x), \quad (5)$$

функции $h_m(x)$, $m=1, 2, \dots$; непрерывные на $[0, 1]$ и натуральные числа ν_m , $m=1, 2, \dots$, которые обладают следующими свойствами:

1) Последовательности функций $f_m(x)$, $m=1, 2, \dots$ и $h_m(x)$, $m=1, 2, \dots$, являются равномерно сходящимися почти всюду на $[0, 1]$ (определение в § 3 работы ⁽¹⁾).

$$2) \quad \nu_m < \nu_{m+1} \quad (m=1, 2, \dots) \quad (6)$$

$$\text{и } \lim_{m \rightarrow \infty} [h_m(x) - S_{\nu_m}(x)] = 0 \quad (7)$$

почти всюду на $[0, 1]$, где

$$S_n(x) = \sum_{j=1}^n a_j \varphi_j(x), \quad (n=1, 2, \dots), \quad (8)$$

3) верхний и нижний пределы по мере на $[0, 1]$ последовательности

$$S_1(x), S_2(x), \dots, S_n(x), \dots \quad (9)$$

равны соответственно $F_0(x)$ и $-F_1(x)$

(определение верхнего и нижнего пределов по мере, см. ⁽¹⁾, стр. 4).

4) для любой возрастающей последовательности натуральных чисел n_k , $k=1, 2, \dots$, или верхний и нижний пределы по мере на $[0, 1]$ последовательности $S_{n_k}(x)$, $k=1, 2, \dots$, равны, соответственно, $F_0(x)$ и $-F_1(x)$, или можно определить неубывающую последовательность натуральных чисел p_k , $k=1, 2, \dots$, таких, что

$$\lim_{k \rightarrow \infty} p_k = \infty \quad (10)$$

и последовательность функции $h_{p_k}(x) - S_{n_k}(x)$, $k=1, 2, \dots$ сходится по мере к нулю на $[0, 1]$

$$5) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0. \quad (11)$$

Аналогичная лемма была доказана Д. Е. Меньшовым для тригонометрической системы как следствие леммы 4.3 работы ⁽¹⁾ (лем-

ма 5, 2 работы (¹)), поэтому лемма С получится как следствие леммы В.

Для любого нормированного базиса $\{\varphi_n(x)\}$ пространства $L_p[0, 1]$, $p > 1$, будут справедливы следующие теоремы.

Теорема 1. Пусть $M = \{\varphi(x, E)\}$ есть непустое множество функций $\varphi(x, E)$, каждая из которых определена почти всюду на соответствующем множестве E , причем

$$\text{mes} E > 0, \quad E \subset [0, 1] \quad (12)$$

и пусть $F(x)$ и $G(x)$ измеримые функции, определенные на $[0, 1]$ и такие, что

$$G(x) \leq F(x) \quad (13)$$

почти всюду на этом сегменте.

Предположим, что множество M и функции $G(x)$ и $F(x)$ удовлетворяют следующим условиям: α^0 . M замкнуто в узком смысле β^0 . если $\varphi(x, E) \in M$, то $\varphi(x, E)$ измерима на E и

$$G(x) \leq \varphi(x, E) \leq F(x) \quad (14)$$

почти всюду на этом множестве;

γ^0 , если $\varphi(x, E) \in M$ и если

$$E_0 = E + E[F(x) = G(x)], \quad (15)$$

то функция $\varphi_0(x, E_0)$, определенная из равенства

$$\varphi_0(x, E_0) = \begin{cases} \varphi(x, E) & \text{при } x \in E \\ F(x) & \text{при } x \in E_0 - E, \end{cases} \quad (16)$$

также принадлежит множеству M .

При этих условиях для любого нормированного базиса $\{\varphi_n(x)\}$ пространства $L_p[0, 1]$, $p > 1$, существует ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x), \quad (17)$$

обладающий следующими свойствами:

A^0 . M есть множество всех предельных функций ряда (17).

B^0 . $F(x)$ и $G(x)$ являются соответственно верхним и нижним пределами по мере на $[0, 1]$ ряда (17)

C^0 .

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$$

Теорема 2. Пусть измеримые функции $F(x)$ и $G(x)$ определены и удовлетворяют неравенству (13) почти всюду на сегменте $[0, 1]$.

Тогда для любого нормированного базиса $\{\varphi_n(x)\}$ пространства $L_p[0, 1]$, $p > 1$ существует ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x), \quad (18)$$

такой, что для любой возрастающей последовательности натуральных чисел

$$n_1 < n_2 < \dots < n_k < \dots \quad (19)$$

$F(x)$ и $G(x)$ являются соответственно верхним и нижним пределами по мере на $[0, 1]$ последовательности функций

$$S_{n_1}(x), S_{n_2}(x), \dots, S_{n_k}(x), \dots \quad (20)$$

где

$$S_n(x) = \sum_{j=1}^n a_j \varphi_j(x).$$

Теоремы 1 и 2 являются обобщениями теорем Д. Е. Меньшова, доказанных для тригонометрической системы в работах ⁽²⁾ и ⁽³⁾. Они справедливы в силу леммы С, так как доказательство Д. Е. Меньшова соответственных теорем для тригонометрической системы опирается только на лемму 5.2 работы ⁽¹⁾, формулировка которой отличается от формулировки леммы С только тем, что в ней вместо произвольного базиса $\{\varphi_n(x)\}$ фигурирует тригонометрическая система.

Можно доказать также следующую теорему.

Теорема 3. Пусть $\{\varphi_n(x)\}$ нормированный базис пространства $L_p[0, 1]$, $p > 1$.

Существует ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x), \quad (21)$$

где

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0 \quad (22)$$

такой, что для любого множества $M = \{x \in E\}$ и функций $F(x)$ и $G(x)$, удовлетворяющих условиям α° , β° , γ° , фигурирующих в формулировке теоремы 1, некоторый ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} a_{\nu_k} \varphi_{\nu_k}(x), \quad (23)$$

полученный перестановкой членов ряда (21), будет обладать следующими свойствами.

A^∞ M есть множество всех предельных функций ряда (23).

B^∞ . $F(x)$ и $G(x)$ являются соответственно верхним и нижним пределом по мере на $[0, 1]$ ряда (23).

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

4. տարածության բազիսների շարքերի սահմանային ֆունկցիաների մասին

Ներկա աշխատանքում բերված է հետևյալ թեորեմը.
 Թեորեմ. Դիցուք $M = \{\varphi(x, E)\}$ — ն $\varphi(x, E)$ ֆունկցիաների ոչ դատարկ բազմություն է, որոնցից յուրաքանչյուրը որոշված է համարյա ամենուրեք համապատասխան E բազմության վրա, բնդ որում

$$\text{mes } E > 0, E \subset [0, 1] \quad (1)$$

և դիցուք $E(x)$ և $G(x)$ չափելի ֆունկցիաները որոշված են $[0, 1]$ հատվածի վրա և բավարարում են

$$G(x) \leq F(x)$$

անհավասարությանը համարյա ամենուրեք այդ հատվածի վրա:

Ենթադրենք, որ M բազմությունը և $G(x)$, $F(x)$ ֆունկցիաները բավարարում են հետևյալ պայմաններին:

ա. M — բազմությունը փակ է նեղ իմաստով.

բ. եթե $\varphi(x, E) \in M$, ապա $\varphi(x, E) —$ ն չափելի է $E —$ ի վրա և

$$G(x) \leq \varphi(x, E) \leq F(x) \quad (2)$$

համարյա ամենուրեք այդ բազմության վրա

Կ. եթե $\varphi(x, E) \in M$ և եթե

$$E_0 = E \cup E[F(x) = G(x)] \quad (3)$$

ապա

$$\varphi_0(x, E_0) = \begin{cases} \varphi(x, E), & x \in E \\ F(x), & x \in E_0 - E \end{cases} \quad (4)$$

հավասարությունով որոշված $\varphi_0(x, E_0)$ ֆունկցիան նույնպես պատկանում է M բազմությանը:

Այդ պայմանների դեպքում $L_p[0, 1]$ տարածության ջանկացած նորմավորված $\{\varphi(x)\}$ բազիսի համար դոյություն ունի

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x) \quad (5)$$

շարք, որը ունի հետևյալ հատկությունները.

A. $M —$ ը հանդիսանում է (5) շարքի բոլոր սահմանային ֆունկցիաների բազմությունը:

B. $F(x)$ և $G(x)$ ֆունկցիաները հանդիսանում են (5) շարքի համար համապատասխանաբար վերին և ստորին սահմանները ըստ չափի $[0, 1]$ հատվածի վրա:

$$\text{C.} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$$

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Д. Е. Меньшов, О сходимости по мере тригонометрических рядов. Труды математического института им. Стеклова, XXXII (1950). ² Д. Е. Меньшов, О пределах неопределенности по мере частных сумм тригонометрических рядов. Мат. сборник, т. 34 (76):3, стр. 557 (1954). ³ Д. Е. Меньшов, О предельных функциях тригонометрического ряда. Труды Московского математичес. общества, т. 7, 1958. ⁴ А. А. Талалян, Известия АН АрмССР (серия физико-математическая), том X, №1 (1957).

МЕХАНИКА

А. Г. Багдоев и Э. М. Нерсисян

Проникание произвольного давления в сжимаемую жидкость

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 19. II 1960)

Пусть в точке O сжимаемой жидкости возникло некоторое давление, которое распространяется по произвольному симметричному относительно точки O закону. Уравнение состояния жидкости — политропа

$$P = B(S) \left[\left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^n - 1 \right], \quad (1)$$

где P — давление, $B(S)$ — маломеняющаяся функция, ρ — плотность, S — энтропия. Для давлений порядка 1000 кг/см^2 движение жидкости можно предполагать изэнтропическим. Движение жидкости обладает осевой симметрией.

Выберем ось Ox по поверхности жидкости, ось Oy направим вглубь жидкости. На поверхности $y = 0$ имеем граничное условие;

$$P(x, 0, t) = \begin{cases} P_1(x, t) & x < R(t) \\ 0 & x > R(t) \end{cases} \quad (2)$$

где t — время с начала движения, $x = R(t)$ — радиус фронта давления на поверхности.

Как показано в ⁽¹⁾, для P порядка $1000 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ величина $\frac{P}{Bn}$ будет мала и элементарные волны, возникшие в точках $x = x'$ поверхности в момент $t = t'$, можно считать волнами Римана

$$(x - x' - u)^2 + (y - v)^2 = a_1^2(x', t')(t - t')^2, \quad (3)$$

где u, v — компоненты скорости частиц на поверхности по осям Ox и Oy ; $a_1(x', t')$ — скорость звука в точке $x = x'$ в момент $t = t'$, причем ⁽¹⁾

$$a_1(x', t') = a_0 \left[1 + \frac{n-1}{Bn} P_1(x', t') \right], \quad (4)$$

a_0 — скорость звука покоящейся жидкости.

В выражении (3) пренебрежем u, v для упрощения выкладок и напишем уравнения поверхностей постоянных давлений и скоростей звука (поверхности уровня). Уравнения поверхностей уровня найдутся как огибающие (3) при $a_1(x', t') = \text{const}$. Окончательно имеем:

$$(x - x')^2 + y^2 = a_1^2(x', t')(t - t')^2$$

(5)

$$(x - x') \frac{\partial x'}{\partial t'} = a_1^2(x', t')(t' - t),$$

где $\frac{\partial x'}{\partial t'}$ при постоянной $a_1(x', t')$ имеет вид

$$\frac{\partial x'}{\partial t'} = \frac{-\frac{\partial a_1(x', t')}{\partial t'}}{\frac{\partial a_1(x', t')}{\partial x'}}.$$

Уравнения (5) служат для определения x' и t' в функции x, y, t и для определения давления $P(x, y, t) = P_1(x', t')$ в точках за ударной волной, которая в нашем приближении не влияет на течение за ней. Для определения ударной волны используем приближенную формулу для скорости ударной волны ⁽²⁾

$$D = \frac{1}{2} \left[a_0 + a_1(x', t') + \frac{2}{n-1} a_1(x'', t') - \frac{2a_0}{n-1} \right] = \frac{\frac{\partial y}{\partial t}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2}}.$$

Последнее уравнение, после подстановки в него x' и t' в функции x, y, t из (5), при граничном условии

$$y|_{x=R(t)} = 0,$$

служит для определения $y = f(x, t)$ — уравнения ударной волны. После определения последовательных значений y при данном t и x из (5) можно определить x' и t' , а затем из $p = p_1(x', t')$ определить давление в точках ударной волны.

Однако проще подставить y через t' из (5) в уравнение для скорости ударной волны и получить дифференциальное уравнение для $t'(x, t)$. Для ряда значений времен t и координат x для воды произведены вычисления, результаты которых приведены в табл. 1 и 2.

Для воды имеем: $n = 7$, $B = 3045 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$, $a_0 = 1540 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$. Для гра-

ничного давления берем некоторую аппроксимацию истинных давлений при взрыве в атмосфере (резко падающее граничное давление)

$$P_1(x', t') = 1,2048 \left[\left(\frac{R'(t')}{340} \right)^2 - 1 \right] \cdot f\left(\frac{x'}{R(t')} \right),$$

где

$$R(t') = 12411,475t' + 196,566 - \sqrt{(12411,475t' + 196,566)^2 - 8324203t'^2 - 3931321t'}$$

$$f\left(\frac{x'}{R(t')}\right) = 8,729 - 7,481 \frac{x'}{R(t')} - 7,284 \sqrt{\left[1,153 - \frac{x'}{R(t')}\right]^2 - 0,022241}.$$

При данных значениях параметров ударная волна будет пологой и в формуле для скорости ударной волны можно пренебрегать $\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2$ по сравнению с единицей.

Таблица 1			Таблица 2		
$t = 0,0155; R'(t) = 3217,7 \text{ м/сек}$			$t = 0,001 \text{ сек}; R'(t) = 9302,4 \text{ м/сек}$		
x	y	P_1	x	y	P_1
91,72	0	106,71	9,65	0	900,69
76,98	6,27	168,91	8,72	0,1770	910,15
65,21	9,35	199,70	7,78	0,3348	927,45
54,50	13,53	228,56	6,84	0,5226	959,61

В случае автомодельного граничного условия (2)

$$P_1(x', t') = P_a \cdot f\left(\frac{x'}{t'}\right)$$

для определения ударной волны получается обыкновенное дифференциальное уравнение и в некоторых частных случаях найдены простые формулы ⁽²⁾.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ա. Գ. ԲԱԳԴՈՆԵՎ ԵՎ Է. Մ. ՆԵՐՍԻՍՅԱՆ

Կամայական ճնշման քաղցրամորս սեղմելի հեղուկի մեջ

Թող սեղմելի հեղուկի ինչ-որ O կետում առաջացել է ինչ-որ ճնշում, որը տարածվում է O կետի նկատմամբ կամայական սիմետրիկ օրենքով: Պոլիտրոպ հեղուկի վիճակի հավասարումն է

$$P = B(S) \left[\left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^n - 1 \right],$$

որտեղ P —ճնշումն է, $B(S)$ —բիչ փոփոխվող ֆունկցիան, ρ —խտությունը, S —էնտրոպիան 100 կկ/սմ^2 կարգի ճնշումների համար հեղուկի շարժումը կարելի է ենթադրել իզենտրոպիկ հեղուկի շարժումն օժտված է առանցքային սիմետրիայով:

Ընտրենք Ox առանցքը հեղուկի մակերևույթով, Oy ուղղենք հեղուկի ներքու $y = 0$ մակերևույթում ունենք հետևյալ եզրային պայմանը՝

$$P(x, 0, t) = \begin{cases} P_1(x, t) & x < R(t) \\ 0 & x > R(t) \end{cases},$$

որտեղ t — ժամանակն է սկսած շարժման սկզբից, $x = R(t)$ — ճնշման ճակատի շառավիղն է մակերևույթի վրա:

Խնչսկես ցույց է տրված (1), 100 կգ/սմ² կարգի P համար $\frac{P}{Bn}$ մեծությունը փոքր է և էլեմենտար ալիքները, որոնք առաջանում են մակերևույթի $x = x'$ կետերում $t = t'$ մոմենտին, կարելի է հաշվել Ռիմանի ալիքներ՝

$$(x - x' - u)^2 + (y - v)^2 = a_1^2(x', t')(t - t')^2, \quad (1^*)$$

որտեղ u, v — մակերևույթի մասնիկի արագության բաղադրիչներն են Ox և Oy առանցքների ուղղությամբ, $a_1(x', t')$ — $x = x'$ կետում $t = t'$ մոմենտում ձայնի արագությունն է, ըստ որում (1)

$$a_1(x', t') = a_0 \left[1 + \frac{n-1}{Bn} P_1(x', t') \right]$$

a_0 — ձայնի արագությունն է հանդիստ հեղուկում:

Մակերևույթի մակարդակի հավասարումները գտնվում են, որպես (1*) սլարուրիչ $a_1(x', t') = \cos n t$ դեպքում:

Հարվածող ալիքի որոշման համար օգտագործվում է հարվածող ալիքի արագության մոտավոր բանաձևը (2):

$$D = \frac{1}{2} \left[a_0 + a_1(x', t') + \frac{2}{n-1} a_1(x', t') - \frac{2a_0}{n-1} \right] = \frac{\frac{\partial y}{\partial t}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2}}$$

Վերջին հավասարումը, որի մեջ տեղադրվում է x' և y' որպես x, y, t ֆունկցիաներ,

$y \Big|_{x=R(t)} = 0$ եզրային պայմանի դեպքում ծառայում է $y = f(x, t)$ հարվածող ալիքի որոշման համար:

Հարվածող ալիքի որոշման համար ստացվում է ստացին կարգի մասնական ածանցյալներով հավասարում, որը լուծվում է թվային եղանակով: 1 և 2 աղյուսակներում բերված է 1 ժամանակի և x կոորդինատի մի շարք արժեքների համար հաշվումների արդյունքները ջրի համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ А. А. Гриб, А. Г. Рябкин, С. А. Христианович, ПММ, 1956, № 20, вып. 4.
- ² А. Г. Багдоев, Э. М. Нерсисян, Известия АН СССР, ОТИ, 1960.

ТЕОРИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ

У Жуй-фын

Изгиб призматических стержней в условиях
неустановившейся ползучести

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 19. III 1960)

На основании опытов К. С. Карапетяна ⁽¹⁾ нелинейную связь между напряжениями и деформациями ползучести, вместо единой кривой, можно выразить двумя прямыми, линиями, названными нами первой и второй областями ползучести. В большинстве случаев, по указанным опытам, за пределом этих двух областей можно взять $\sigma_{R_0} \leq 0,6 R$. В настоящей работе, на основании этого, рассмотрены прямая и обратная задачи изгиба призматического стержня. Прямая задача сводится к решению нелинейного интегрального уравнения типа Вольтерра, которое решается методом линейного решения ⁽²⁾, а обратная задача — к решению двух алгебраических уравнений (18) и (19).

§1. *Постановка задачи и основные уравнения.* 1) Связь между деформациями и напряжениями при нелинейной ползучести.

На основании опытов К. С. Карапетяна ⁽¹⁾, при высоких напряжениях ($\sigma \leq 0,6 R$, где R — цилиндрическая прочность бетона) нелинейная зависимость между деформациями и напряжениями ползучести может быть выражена двумя прямыми линиями (фиг. 1), следовательно, общее соотношение между напряжениями и деформациями можно выразить следующими формулами:

$$\epsilon_i(t) = \frac{\sigma_i(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_i(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C_1(t, \tau) + \frac{1}{E(\tau)} \right] d\tau \quad (1)$$

при

$$\sigma_i(t) \leq \sigma_{iR_0}(t),$$

и

$$\begin{aligned} \epsilon_i(t) = & \frac{\sigma_i(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_i(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C_2(t, \tau) + \frac{1}{E(\tau)} \right] d\tau + \\ & + \int_{\tau_1}^t \sigma_{iR_0}(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C_2(t, \tau) - C_1(t, \tau) \right] d\tau \end{aligned} \quad (2)$$

при

$$\sigma_i(t) \geq \sigma_{iR_0}(t),$$

где $\epsilon_i(t)$ и $\sigma_i(t)$ — интенсивности деформаций и напряжений, и

$$\epsilon_i(t) = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + (\epsilon_y - \epsilon_z)^2 + (\epsilon_z - \epsilon_x)^2 + \frac{3}{2} (\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{xz}^2)}, \quad (3)$$

$$\sigma_i(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6 (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}. \quad (4)$$

$C_1(t, \tau)$ и $C_2(t, \tau)$ — соответственные меры ползучести при единичном напряжении в первой и второй областях ползучести, $E(t)$ — модуль упругости, $\sigma_{iR_0}(t) = 0,6 R(t)$, τ_1 — возраст материала в момент приложения нагрузки и t — время.

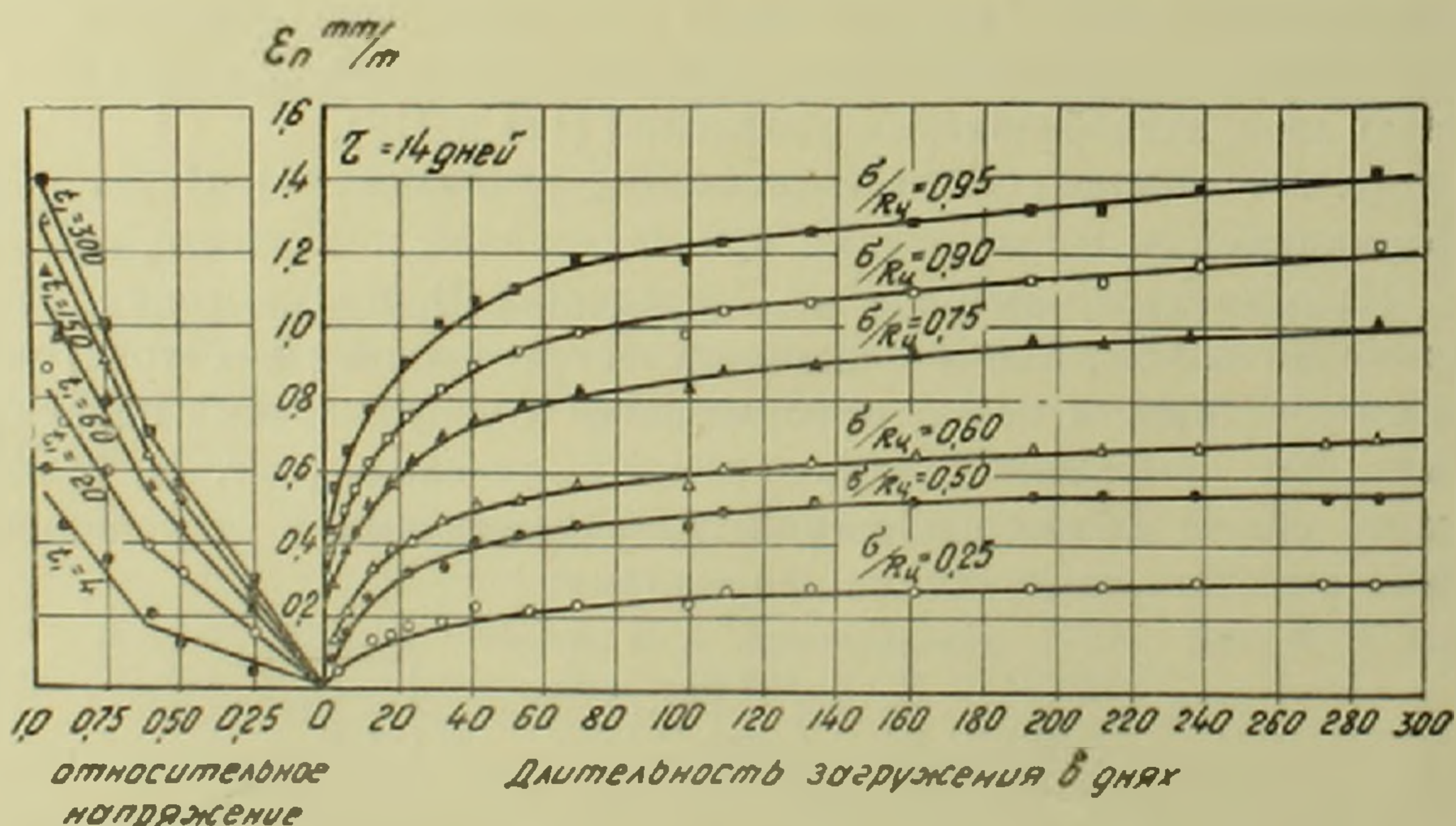
Решая уравнения (1) и (2) относительно $\sigma_i(t)$, получаем

$$\sigma_i(t) = E(t) \epsilon_i(t) + \int_{\tau_1}^t E(\tau) \epsilon_i(\tau) R_1(t, \tau) d\tau, \quad (5)$$

$$\sigma_i \leq \sigma_{iR_0}$$

$$\sigma_i(t) = E(t) \epsilon_i(t) + \int_{\tau_1}^t E(\tau) \epsilon_i(\tau) R_2(t, \tau) d\tau + B^*(t, \tau_1), \quad (6)$$

$$\sigma_i > \sigma_{iR_0}$$



Фиг. 1.

где $R_1(t, \tau)$ и $R_2(t, \tau)$ — резольвенты ядра $K_1(t, \tau)$ уравнения (1) и ядра $K_2(t, \tau)$ уравнения (2),

$$K_1(t, \tau) = E(t) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C_1(t, \tau) + \frac{1}{E(\tau)} \right], \quad (7)$$

$$K_2(t, \tau) = E(t) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C_2(t, \tau) + \frac{1}{E(\tau)} \right], \quad (8)$$

$B^*(t, \tau_1)$ — известная функция, равная

$$B^*(t, \tau_1) = -E(t) \int_{\tau_1}^t \sigma_{IR_0}(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[C_2(t, \tau) - C_1(t, \tau) \right] d\tau - \\ - \int_{\tau_1}^t E(\tau) R_2(t, \tau) d\tau \int_{\tau_1}^{\tau} \sigma_{IR_0}(x) \frac{\partial}{\partial x} \left[C_2(\tau, x) - C_1(\tau, x) \right] dx. \quad (9)$$

2) Основные уравнения изгиба призматического стержня.

Рассмотрим призматический стержень, ось которого в начальный момент времени $t = \tau_1$ находится в одной из плоскостей симметрии поперечного сечения.

Пусть геометрические размеры стержня таковы $\left(\frac{2h}{l} \leq \frac{1}{4} \right)$, что

можно принять гипотезу плоских сечений и пренебречь нормальными и касательными напряжениями в плоскостях, параллельных продольной оси, как малыми по сравнению с напряжениями, действующими в поперечных сечениях.

Начало прямоугольной системы координат поместим в центре одного из концевых сечений стержня, направив ось x вдоль его продольной оси, а ось y, z — по осям симметрии поперечного сечения (фиг. 2).

В силу гипотезы плоских сечений и сделанного выше предложения о напряжениях для любого момента времени t будем иметь

$$\epsilon_x = \alpha y, \quad \epsilon_y = \epsilon_z = -\frac{1}{2} \alpha y, \quad \gamma_{xy} = \gamma_{yz} = \gamma_{xz} = 0, \quad (10)$$

$$\sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{xz} = 0, \quad (11)$$

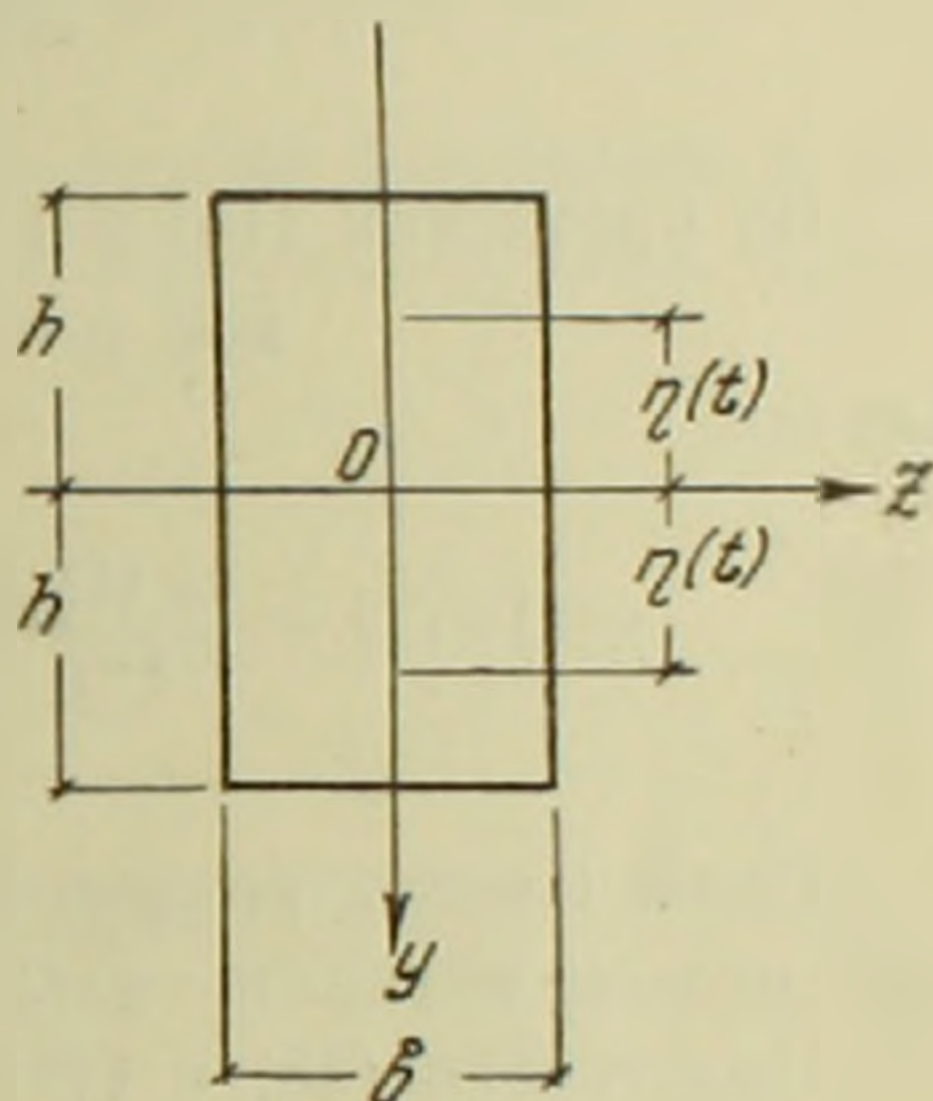
где $\alpha = \alpha(x, t)$ — кривизна оси стержня и

$$\alpha(x, \tau_1) = \frac{M(x)}{EJ}, \quad (12)$$

$$\sigma_x(x, \tau_1) = \frac{M(x) y}{J}. \quad (13)$$

Если в выражении интенсивности напряжений (4) отбросить малую величину $\tau_{xy}(t)$, то будем иметь

$$\epsilon_i(t) = \epsilon_x(t), \quad \sigma_i(t) = \sigma_x(t). \quad (14)$$



Фиг. 2.

Тогда основные уравнения для изгиба призматического стержня примут вид

$$\sigma_x(t) = E(t) \alpha(t) y + \int_{\tau_1}^t y E(\tau) \alpha(\tau) R_1(t, \tau) d\tau, \quad (15)$$

$$\tau_x \leq \sigma_{R_0}$$

$$\sigma_x(t) = E(t) \alpha(t) y + \int_{\tau_1}^t y E(\tau) \alpha(\tau) R_2(t, \tau) d\tau + B^*(t, \tau_1). \quad (16)$$

$$\sigma_x > \sigma_{R_0}$$

Пусть $\eta(t)$ является ординатой, разделяющей первую область ползучести от второй, и в начальный момент времени нагружения имеем

$$\eta(\tau_1) = \frac{\sigma_{R_0} J}{M(x)}, \quad J = \frac{2bh^3}{3}. \quad (17)$$

Из уравнений (10) и (15) по условию
при $y = \eta(t)$ $\sigma_x = \sigma_{R_0}$

получим

$$\eta(t) \alpha(t) = \frac{\sigma_{R_0}(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_{R_0}(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} C_1(t, \tau) d\tau^*. \quad (18)$$

Правая часть уравнения (18) является известной функцией, поэтому можем выразить $\eta(t)$ через $\alpha(t)$ или наоборот.

Подставляя (15) и (16) в уравнение равновесия $\Sigma M_z = 0$ и принимая в сжатой зоне $\sigma_{R_0} = -\sigma_{R_0}$, получим

$$M(t) = \frac{\eta^3(t) J}{h^3} \int_{\tau_1}^t E(\tau) \alpha(\tau) [R_1(t, \tau) - R_2(t, \tau)] +$$

$$+ J \int_{\tau_1}^t E(\tau) \alpha(\tau) R_2(t, \tau) d\tau + JE(t) \alpha(t) + b [h^2 - \eta^2(t)] B^*(t, \tau_1). \quad (19)$$

Уравнение $\Sigma x = 0$ автоматически удовлетворено.

Исключив $\eta(t)$ или $\alpha(t)$ из уравнений (18) и (19), получим нелинейное интегральное уравнение типа Вольтерра. Таким образом, задача изгиба призматического стержня сводится к решению нелинейного интегрального уравнения типа Вольтерра.

§2. Обратная задача изгиба призматического стержня. 1) Релаксационной задачей мы называем такую задачу, в которой при за-

* Физически условие (18) равносильно условию $\sigma_x(t)|_{y=\eta} = \sigma_x(t)|_{y=\eta}$
(из (15) из (16))

данном начальном деформированном состоянии балки, не изменяемом во времени, требуется определить закон изменения напряжений или нагрузки. При заданном законе изменения деформаций по длине стержня $\alpha(t)$, удовлетворяющем условиям опирания стержня, релаксационная задача, в обобщенном смысле, сводится к так называемой обратной задаче, как следует из соотношений (18) и (19), что обратная задача сводится к решению двух алгебраических уравнений (18) и (19). Отсюда ясно видно, что в обратной задаче учитывать закон изменения модуля мгновенной деформации $E(t)$ и предела прочности $R(t)$ не вызывает никаких затруднений. Здесь только для простоты предположим, что $E(t) = E = \text{const}$ и $\sigma_{R_0}(t) = 0,6 R(t) = \text{const}$, и, в самом деле, тот же опыт К. С. Карапетяна показывает, что

$$R(28) = 0,87 R(\infty), \quad R(80) = 0,95 R(\infty)$$

$$R(120) = 0,97 R(\infty), \quad E(t) = 2100 R(t).$$

Поэтому при достаточно большом возрасте бетона без большой погрешности можно взять $\sigma_{R_0} = 0,6 R = \text{const}$ и $E(t) = E = \text{const}$. Тогда уравнения (18), (19) примут вид

$$\eta(t) = \frac{11}{\alpha(t)} \cdot \frac{\sigma_{R_0}}{E} [1 + EC_1(t, \tau_1)], \quad (20)$$

$$\begin{aligned} M(t) = & \frac{EI}{h^3} \eta^3(t) \int_{\tau_1}^t \alpha(\tau) [R_1(t, \tau) - R_2(t, \tau)] d\tau + \\ & + EI \int_{\tau_1}^t \alpha(\tau) R_2(t, \tau) d\tau + EI\alpha(t) + b[h^2 - \tau_1^2(t)] B^*(t, \tau_1). \end{aligned} \quad (21)$$

Подставляя $\eta(t)$ из (20) в (21), получим

$$\begin{aligned} M(t) = & \frac{I\sigma_{R_0}^3}{h^3} \left(\frac{1}{E\alpha(t)} \right)^2 [1 + EC_1(t, \tau_1)]^3 \int_{\tau_1}^t [R_1(t, \tau) - R_2(t, \tau)] d\tau + \\ & + EI\alpha(t) \left[1 + \int_{\tau_1}^t R_2(t, \tau) d\tau \right] + b \left\{ h^2 - \left(\frac{\sigma_{R_0}}{E\alpha(t)} \right)^2 [1 + \right. \\ & \left. + EC_1(t, \tau_1)]^2 \right\} B^*(t, \tau_1). \end{aligned} \quad (22)$$

В случае релаксационной задачи $\alpha(x, \tau_1) = \frac{M(x, \tau_1)}{EI}$ имеем

$$M(t) = \left(\frac{I \sigma_{R_0}}{h} \right)^3 \frac{1}{M^2(\tau_1)} [1 + EC_1(t, \tau_1)]^3 \int_{\tau_1}^t |R_1(t, \tau) - R_2(t, \tau)| d\tau + \\ + M(\tau_1) [1 + \int_{\tau_1}^t R_2(t, \tau) d\tau] + b \{ h^2 - \left(\frac{J \sigma_{R_0}}{M(\tau_1)} \right)^2 [1 + \\ + EC_1(t, \tau_1)]^2 \} B^*(t, \tau_1), \quad (23)$$

и $B^*(\tau_1, \tau_1) = 0$

Как видно из (20), в данном сечении $\eta(t)$ меняется во времени, и как только она дойдет до величины h , то $M(t)$ будет соответствовать случаю, когда все сечение изгибаемого стержня находится в условии линейной ползучести.

Если предположим, что мера ползучести материала стержня характеризуется зависимостью

$$C_i(t, \tau) = \varphi(\tau) [1 - e^{-\gamma_i(t-\tau)}], \quad (i = 1, 2), \quad (24)$$

то резольвента ядра $E \frac{\partial C_i(t, \tau)}{\partial \tau}$ имеет вид

$$R_i(t, \tau) = \gamma_i - \xi'_i(\tau) + [\xi''_i(\tau) + \xi_i'^2(\tau) - \gamma_i \xi'_i(\tau)] e^{\xi_i(\tau)} \int_{\tau_1}^t e^{-\xi(x)} dx, \quad (25)$$

где $\xi_i(t) = \gamma_i \int_{\tau_1}^t [1 + E \varphi(\tau)] d\tau$.

2) В качестве приложения рассмотрим пример для старого или быстро стареющего бетона. Пусть

$$C_2(t, \tau) = k C_1(t, \tau) = k c_0 [1 - e^{-\gamma(t-\tau)}],$$

$$k = 2,5; c_0 = 0,9 \times 10^{-5} \text{ см}^2/\text{кг}; \gamma = 0,026; \tau_1 = 28 \text{ дней};$$

$$E = 2 \times 10^5 \text{ кг/см}^2; \sigma_{R_0} = 0,6 R = 55 \text{ кг/см}^2; 2h = 30 \text{ см};$$

$$b = 20 \text{ см}; M(\tau_1) = 2,4 \times 10^5 \text{ кг. см.}$$

Результаты вычисления приведены в таблице.

t (дней)	28	30	35	39	45	60	90	180	360
$\frac{M(t)}{M(\tau_1)}$	1	0.905	0.737	0.598	0.546	0.419	0.362	0.358	0.358

При $t = 39$ дней, $\tau = h = 15$ см и с момента времени $t = 39$ дней закон изменения $M(t)$ приводится линейным образом.

§3. Прямая задача изгиба призматического стержня. Для простоты предположим, что

$$C_2(t, \tau) = k C_1(t, \tau), \quad (26)$$

или

$$C_2(t, \tau) = \frac{1}{1-\lambda} C_1(t, \tau),$$

где $1 \leq k < \infty$ и $0 \leq \lambda < 1^*$.

При этом связи между напряжениями и деформациями при постоянном E имеют вид

$$\epsilon_x(t) = \frac{\sigma_x(t)}{E} - \int_{\tau_1}^t \sigma_x(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} C_1(t, \tau) d\tau,$$

$$\epsilon_x(t) = \frac{\sigma_x(t)}{E} - \frac{1}{1-\lambda} \int_{\tau_1}^t \sigma_x(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} C_1(t, \tau) d\tau -$$

$$- \frac{\lambda}{1-\lambda} \sigma_{R_0} C_1(t, \tau_1),$$

$$\sigma > \sigma_{R_0}$$

$$\sigma_x(t) = E \epsilon_x(t) + E \int_{\tau_1}^t \epsilon_x(\tau) R_1(t, \tau) d\tau,$$

$$\sigma \leq \sigma_{R_1}$$

$$\sigma_x(t) = E \epsilon_x(t) + E \int_{\tau_1}^t \epsilon_x(\tau) R_2(t, \tau) d\tau +$$

$$+ \frac{\lambda}{1-\lambda} E \sigma_{R_0} [C_1(t, \tau_1) + \int_{\tau_1}^t C_1(\tau, \tau_1) R_2(t, \tau) d\tau].$$

$$\sigma > \sigma_{R_0}$$

где $R_1(t, \tau)$, $R_2(t, \tau)$ — резольвенты ядер $E \frac{\partial C_1(t, \tau)}{\partial \tau}$ и $\frac{E}{1-\lambda} \frac{\partial}{\partial \tau} C_1(t, \tau)$.

Подставляя (27) в уравнение равновесия $\Sigma M_z = 0$, учитывая уравнение (20), получим

* По опытам К. С. Каранетяна (1) можно приблизительно считать, что

$$1 \leq k \leq 6 \text{ и } 0 < \lambda < \frac{5}{6}$$



$$\begin{aligned}
& \alpha^3(t) \left\{ M - \frac{\lambda b}{1-\lambda} E \sigma_{R_0} h^2 \left[C_1(t, \tau_1) + \int_{\tau_1}^t C_1(\tau, \tau_1) R_2(t, \tau) d\tau \right] \right\} = \\
& = EI \alpha^4(t) + EI \alpha^3(t) \int_{\tau_1}^t \alpha(\tau) R_2(t, \tau) d\tau + \frac{EI}{h^3} \psi^3(t) \int_{\tau_1}^t \alpha(\tau) [R_1(t, \tau) - \\
& - R_2(t, \tau)] d\tau - \frac{\lambda b}{1-\lambda} E \sigma_{R_0} \psi^2(t) \alpha(t) \left[C_1(t, \tau_1) + \right. \\
& \left. + \int_{\tau_1}^t C_1(\tau, \tau_1) R_2(t, \tau) d\tau \right], \quad (28)
\end{aligned}$$

где $\psi(t) = \alpha(t) \tau_1(t)$, известная функция определяется формулой (20).
Замечая, что

$$\frac{1}{1-\lambda} = 1 + \lambda + \lambda^2 + \lambda^3 + \dots, \quad (29)$$

будем искать решение (28) для $\alpha(t)$ в форме ряда

$$\alpha(t) = \alpha_0(t) + \lambda \alpha_1(t) + \lambda^2 \alpha_2(t) + \dots, \quad (30)$$

что соответствует методу линейного решения, развитого в работе (2).

Для простоты выкладки ограничимся двумя первыми приближениями. Из соотношений (28), (29) и (30), принимая во внимание что при $\lambda = 0$ $R_1(t, \tau) = R_2(t, \tau)$, через некоторые преобразования получаем

$$\alpha_0(t) + \int_{\tau_1}^t \alpha_0(\tau) R_1(t, \tau) d\tau = \frac{M}{EI}, \quad (31)$$

$$\alpha_1(t) + \int_{\tau_1}^t \alpha_1(\tau) K(t, \tau) d\tau = f_1(t, \tau_1), \quad (32)$$

где

$$\begin{aligned}
K(t, \tau) = & - \frac{EI \alpha_0(t) R_2(t, \tau) + \frac{2Eb}{3} \left(\frac{\sigma_{R_0} I}{M} \right)^3 \alpha_0(t) [R_1(t, \tau) - R_2(t, \tau)]}{EI \left\{ 3 \int_{\tau_1}^t \alpha_0(\tau) [R_1(t, \tau) - R_2(t, \tau)] d\tau - \alpha_0(t) \right\}}, \quad (33) \\
f_1(t, \tau_1) = & - \frac{\alpha_0(t) Eb \sigma_{R_0} \left(h^2 - \frac{\sigma_{R_0}^2 I^2}{M^2} \right) \left[C_1(t, \tau) + \int_{\tau_1}^t C_1(\tau, \tau_1) R_2(t, \tau) d\tau \right]}{EI \left\{ 3 \int_{\tau_1}^t \alpha_0(\tau) [R_1(t, \tau) - R_2(t, \tau)] d\tau - \alpha_0(t) \right\}} \quad (34)
\end{aligned}$$

Решая (31), получим

$$\alpha_0(t) = \frac{M}{EI} [1 + EC_1(t, \tau_1)]. \quad (35)$$

Подставляя $\alpha_0(t)$ из (35) в (33) и (34), решая (32), получим

$$\alpha_1(t) = f_1(t, \tau_1) + \int_{\tau_1}^t f_1(\tau, \tau_1) \Gamma(t, \tau) d\tau, \quad (36)$$

где $\Gamma(t, \tau)$ — резольвента ядра $K(t, \tau)$.

Аналогичным путем можно определить $\alpha_2(t)$ и т. д.

После нахождения $\alpha(t)$ по уравнениям (20) и (27), определим закон изменения $\eta(t)$ и напряжений.

При практическом вычислении при любом ядре, уравнение (32) легко интегрировать при помощи численного метода Н. М. Крылова и Н. Н. Боголюбова (3).

Отметим, что если возьмем только учет линейной ползучести, т. е. при $\lambda = 0$, то из (20), (35) и (17) легко видеть

$$\eta(t) = \frac{\sigma_{R_0} I}{M} = \eta(\tau_1).$$

Это означает, что в случае линейной ползучести напряженное состояние балки останется неизменным во времени, а меняется только деформация.

Прогиб балки $v(t)$ определяется следующим образом:

$$\alpha(t, x) = \frac{\partial^2 v(t, x)}{\partial x^2}.$$

$$v(t, x) = \int_0^x \int_0^x \alpha(t, x) dx dx + C_1 x + C_2. \quad (37)$$

Здесь C_1 и C_2 — интегральные постоянные, определяемые условиями опирания балки.

По изложенному в §1 и §2, нам кажется, что мы пришли к такому выводу, что для решения обратной задачи, например, для расчета потери напряжения предварительно напряженных железобетонных элементов с учетом нелинейной ползучести, данный метод имеет более простой вид, чем другие.

В заключение автор пользуется случаем выразить искреннюю благодарность Н. Х. Арутюняну за постановку задачи и ряд ценных указаний при выполнении настоящей работы.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Պրիզմատիկ ձողերի ծուռմբ չկայունացված սողի պայմաններում

Հիմնվելով Կ. Ս. Կարապետյանի ⁽¹⁾ փորձերի վրա լարումների և դեֆորմացիաների ոչ զծային կտայն արտահայտված է երկու ուղիղների միջոցով:

Օգտագործելով այդպիսի դիագրամա, ուսումնասիրվում է սլրիզմատիկ ձողի ծուման ուղիղ և հակադարձ խնդիրը: Առաջին դեպքում խնդիրը բերվում է Վոլտերի տիպի ոչ զծային ինտեգրալ հավասարման, որը լուծվում է այսպես կոչված «զծային լուծման» մեթոդով ⁽²⁾: Երկրորդ դեպքում խնդիրը հանդում է հանրահալվական հավասարումների:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Կ. Ս. Կարապետյան, Изв. АН Арм ССР (серия физ.-мат. наук), том XII, №4 (1959). ² Բ. А. Александриян, Н. Х. Арутюнян, М. М. Манукян, ПММ, №6, 1958.
³ Л. В. Канторович и В. И. Крылов, Приближенные методы высшего анализа, 1949.

ПРИКЛАДНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

А. М. Мхитарян

К вопросу об определении испарения с поверхности озера Севан

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 10. X 1959)

Вопрос определения испарения с поверхности оз. Севан очень важен, поскольку испарение является одной из основных статей расходной части его водного баланса. Вопрос этот приобретает особо важное значение сейчас, когда необходимо по-новому ⁽¹⁾ решать Севанскую проблему, с целью пересмотра старой схемы использования вековых запасов вод озера и составления новой при сохранении его уровня на возможно высокой отметке, близкой к естественным условиям.

Особенно важным является вопрос составления водного баланса озера для того будущего уровня, на котором будет приостановлено дальнейшее его понижение. Среди других элементов водного баланса немаловажное значение имеет более точный расчет испарения для этого уровня. Точность расчета диктуется необходимостью проведения ряда водохозяйственных проработок, связанных с пересмотром старой схемы использования вод озера с учетом перебросок стока смежных рек в озеро Севан, сооружения перерегулирующих водохранилищ, использования подземных вод Араратской котловины и других и правильным определением той активной отдачи озера, которая может быть с заданной обеспеченностью использована навечно в ирригационно-энергетических целях при сохранении Большого Севана.

Ведущиеся с 1956 г. большие работы по уточнению водного баланса и, в частности, испарения, подчинены этой цели. Работы эти должны быть обобщены в специальных сборниках. В настоящей статье кратко излагаются результаты расчета испарения с поверхности оз. Севан для современных условий.

В настоящее время хорошо известны следующие методы определения испарения с поверхности водоемов. Это—методы водного баланса, теплового баланса, береговых испарителей и турбулентной диффузии.

Сущность метода водного баланса заключается в том, что элементы этого баланса, кроме испарения, определяются на основании непосредственных измерений, а испарение определяется из уравнения водного баланса.

Сущность метода береговых испарителей заключается в том, что на основании данных береговых испарителей устанавливается зависи-

мость испарения от метеорологических факторов, а затем по этой зависимости определяется испарение с поверхности водоема с использованием значений метеорологических факторов, имеющих место на его акватории (²).

Наконец, испарение по методу теплового баланса определяется из уравнения этого баланса (³).

В этой статье излагается пример применения метода турбулентной диффузии для расчета испарения с поверхности озера Севан.

Если проинтегрировать по z уравнение турбулентной диффузии водяного пара в атмосферу в тонком приводном слое, то легко получить:

$$E = -\rho k \frac{\partial q}{\partial z} + \rho \int_0^z \frac{\partial q}{\partial t} dz + \rho \int_0^z u \frac{\partial q}{\partial x} dz - \rho \overline{w}(q_0 - q_z). \quad (1)$$

Здесь: E — удельное испарение; ρ и q — плотность и удельная влажность воздуха; k — коэффициент турбулентного обмена; x — горизонтальная ось, направленная по скорости ветра; z — направлена вертикально вверх; t — время; u — скорость ветра; $\overline{w}$ — средняя вертикальная скорость в указанном слое.

Если высота z небольшая, как это и имеет место в обычной метеорологической практике, то, как указано в (³), уравнение (1) упрощается и принимает следующий простой вид:

$$E = -\rho k \frac{\partial q}{\partial z}. \quad (2)$$

Для определения коэффициента перемешивания (k) воспользуемся положениями полуэмпирической теории турбулентности, согласно которой этот коэффициент может быть представлен в следующем виде:

$$k = l^2 \frac{\partial u}{\partial z}, \quad (3)$$

где: l — путь перемешивания, введенный Прандтлем.

$$l = \chi (z + z_0). \quad (4)$$

Здесь: χ — постоянная Кармана, z_0 — параметр шероховатости.

Полагая теперь касательное напряжение (τ) на стенке

$$\tau = \rho k \frac{\partial u}{\partial z} \quad (5)$$

постоянным в тонком приводном слое, легко получить распределение скорости в этом слое, которое имеет вид:

$$u = u_2 \frac{\ln \frac{z + z_0}{z_0}}{\ln \frac{z_2 + z_0}{z_0}}. \quad (6)$$

Тогда для k получается формула Россби, имеющая следующий вид:

$$\frac{k}{u} = \chi^2 \frac{z + z_0}{\ln \frac{z_2 + z_0}{z_0}} \quad (7)$$

Подставляя это значение в (2), получим

$$E = -0,622 \frac{\rho}{p} \frac{\chi^2 u_2 (z_2 + z_0)}{\frac{z_2 + z_0}{z_0}} \frac{\partial e}{\partial z} \quad (8)$$

Здесь мы воспользовались известной формулой для перехода от удельной влажности к упругости водяного пара (e).

Принимая поток водяного пара в атмосферу постоянным, $E = \text{const}$, и интегрируя (8) в тонком приводном слое, получим

$$E = 0,622 \frac{\rho}{p} \frac{\chi^2 u_2}{\ln^2 \frac{z_2 + z_0}{z_0}} (e_0 - e_2). \quad (9)$$

Здесь: e_2 и u_2 — упругость водяного пара и скорость ветра на высоте z_2 ; e_0 — упругость насыщения, определяемая по температуре поверхности воды.

Как показывает формула (9), для определения испарения с поверхности водоема по этому методу необходимо знать значения таких метеорологических элементов, как скорость ветра и упругость водяного пара на некоторой высоте над этой поверхностью, так и температуру поверхности воды, а также некоторые характеристики турбулентности, как, например, параметр шероховатости.

Отметим одно важное обстоятельство. Полученная формула применима лишь при равновесной стратификации атмосферы. Если разность температур вода—воздух значительна, то следует учесть влияние стратификации на развитие турбулентности, а, следовательно, и на испарение.

Перейдем теперь к определению метеорологических элементов, необходимых для расчета испарения с поверхности озера Севан.

1. Для изучения ряда вопросов гидрометеорологического режима оз. Севан и его бассейна были организованы специальные экспедиционные работы, которые проводились в 1956—59 гг.

В числе многих проводились градиентные наблюдения за скоростью ветра, температурой и влажностью воздуха и др. на прибрежных пунктах озера (остров, Норатус-Коса, Алучалу, Масрик, Дара, Бабаджан и т. д.), а также на его акватории.

Скорость ветра измерялась электроконтактными анемометрами на шести высотах, от 0,5 до 16 м. Влажность и температура воздуха измерялись на двух высотах. Наблюдения проводились в восемь или двенадцать сроков, каждое в течение часа.

Кроме того, были организованы специальные дополнительные наблюдения с мостков (Чкаловка, Мартуни, Цовак, Шоржа), а также на катере в центральных частях Малого и Большого Севана.

Далее, выбирались специально те случаи, когда ветер дует со стороны озера. Скорости ветра в этих случаях сгруппировывались по интервалам и осреднялись. Полученные результаты наносились на графики в полулогарифмической шкале (по оси абсцисс—скорость ветра, по оси ординат—логарифмы высот). Профили скорости, полученные таким образом, оказывались прямыми, что свидетельствует о применимости выведенных выше формул, т. е. в тонком приводном слое стратификация атмосферы близка к равновесной и турбулентность здесь развивается как в однородной среде.

Экстраполируя полученные прямые до пересечения с осью ординат ($u=0$), легко определялись значения параметра шероховатости z_0 . Он оказывался зависящим от скорости ветра, причем с увеличением последней z_0 также увеличивается.

При скоростях ветра от 1 до 10 м/сек характерными для z_0 являются значения $10^{-5}—10^{-3}$ м.

Для средней скорости ветра на оз. Севан, порядка 3,3—3,5 м/сек, получено $z_0 = (1,5—2,0) \cdot 10^{-4}$ м.

Подставляя это значение, а также $\rho=1,03 \cdot 10^3$ г/м³, $p=0,81 \cdot 10^3$ мб, $\chi=0,40$ и (10) в (9) и, кроме того, умножая правую часть (9) на 86,4, чтобы получить испарение в мм/сутки, получим

$$E = 0,133 u_2 (e_0 - e_2). \quad (10)$$

По этой формуле и будут вестись расчеты. Подчеркнем еще раз, что e_0 и e_2 берутся в мб, u_2 в м/сек, E получается в мм/сутки.

2. Для определения температуры поверхности воды и влажности воздуха были использованы данные наблюдений за 1951—58 гг., которые проводились у уреза острова Севан, на гидрологических станциях на акватории озера и прибрежных точках, числом 25. Недостающие данные восстанавливались по графикам связи между значениями элемента (температура или влажность) в точке и на острове. Графики строились по многолетним данным для каждого месяца в отдельности. Далее, каждой из указанных 25 точек приписывалась определенная площадь с учетом глубины и конфигурации берегов и на основании полученных величин в точках вычислялись средние взвешенные значения температуры поверхности воды и упругости водяного пара.

3. Вопрос определения скорости ветра над акваторией озера подлежит специальному рассмотрению. Здесь же он решен следующим образом.

Установлена связь между скоростями ветра на прибрежных станциях (остров, Норатус, Мартуни, Мазра и Шоржа) по флюгеру и на некоторых точках открытой части озера (остров-плот, Норатус—Коса—мостки, Мартуни-плот, устье р. Масрик и мостки в Шорже) на высоте 2 м по анемометру. При этом использовались также данные экспедиционных наблюдений на берегу и в центральных частях

Малого и Большого Севана. Скорость же по всему озеру определялась как среднее взвешенное по указанным пяти пунктам, причем веса определялись на основании экспедиционных наблюдений, о которых только что говорилось.

Полученные таким образом значения метеорологических элементов над акваторией озера приведены в табл. 1. Здесь же, в последней строке приведены результаты расчета испарения по формуле (10).

Таблица 1

Годовой ход температуры поверхности воды, упругости водяного пара, разности упругости паров, скорости ветра и испарения за 1951—58 гг.

м-цы вели- чины													за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
T_0 °C	2,5	1,2	1,3	3,5	7,4	13,4	17,0	18,4	16,9	13,6	9,3	4,8	9,1
e_2 мб	3,70	3,76	4,62	6,33	8,20	11,43	13,70	13,80	11,20	7,77	6,05	4,90	8,00
$e_0 - e_2$	3,59	2,92	2,12	1,52	1,81	3,63	5,85	6,98	8,00	7,78	5,85	3,73	4,50
u м/сек	4,0	3,8	3,6	3,1	3,0	3,0	3,3	3,3	3,3	3,2	3,7	3,7	3,4
E $\frac{м.м}{м-ц}$	64	44	33	20	19	44	79	96	103	100	88	65	755

Таким образом, среднее годовое испарение с поверхности озера Севан за 1951—58 гг. составляет 755 мм/год.

Эта величина была определена В. К. Давыдовым (4) за 1927—34 гг. Результаты для сравнения представлены на фиг. 1; они показывают следующее.

1. Наименьшее испарение за первый период (1927—34 гг.) приходилось на май месяц и равнялось 17 мм, в то время как во втором периоде (1951—58 гг.) оно имеет место уже в апреле и по величине несколько больше (19 мм). Таким образом, вследствие снижения уровня озера прогрев его вод начинается уже ранней весной и происходит интенсивнее, чем это имело место в естественных условиях. Кроме того, произошел сдвиг минимума испарения на 1 месяц. Этот вывод вполне согласуется с таковым об изменении годового хода температуры поверхности воды, которое и обусловило изменение разности упругости паров, поскольку влажность воздуха над озером почти не изменилась.

2. Если построить годовой ход испарения в среднем декадном разрезе, то легко усмотреть, что произошел сдвиг и максимального испарения. Этот сдвиг несколько меньше и равен 1—2 декадам, причем само максимальное значение меньше (на 33 мм). Ход кривой за вторую половину года значительно ровнее.

За май—июль кривые обоих периодов имеют качественно одинаковый ход, причем испарение за второй период в мае больше на 3 мм, в июне—на 10 мм и в июле—на 16 мм.

4. За август—декабрь испарение за первый период значительно больше, чем за второй. Здесь, во-первых, за счет снижения уровня озера его воды меньше накапливают тепла и быстрее охлаждаются, поэтому в холодные месяцы испарения действительно должно быть меньше; во-вторых, в эти месяцы сказывается влияние неустойчивости стратификации атмосферы, поскольку разность температур вода—воздух достигает значительных величин.

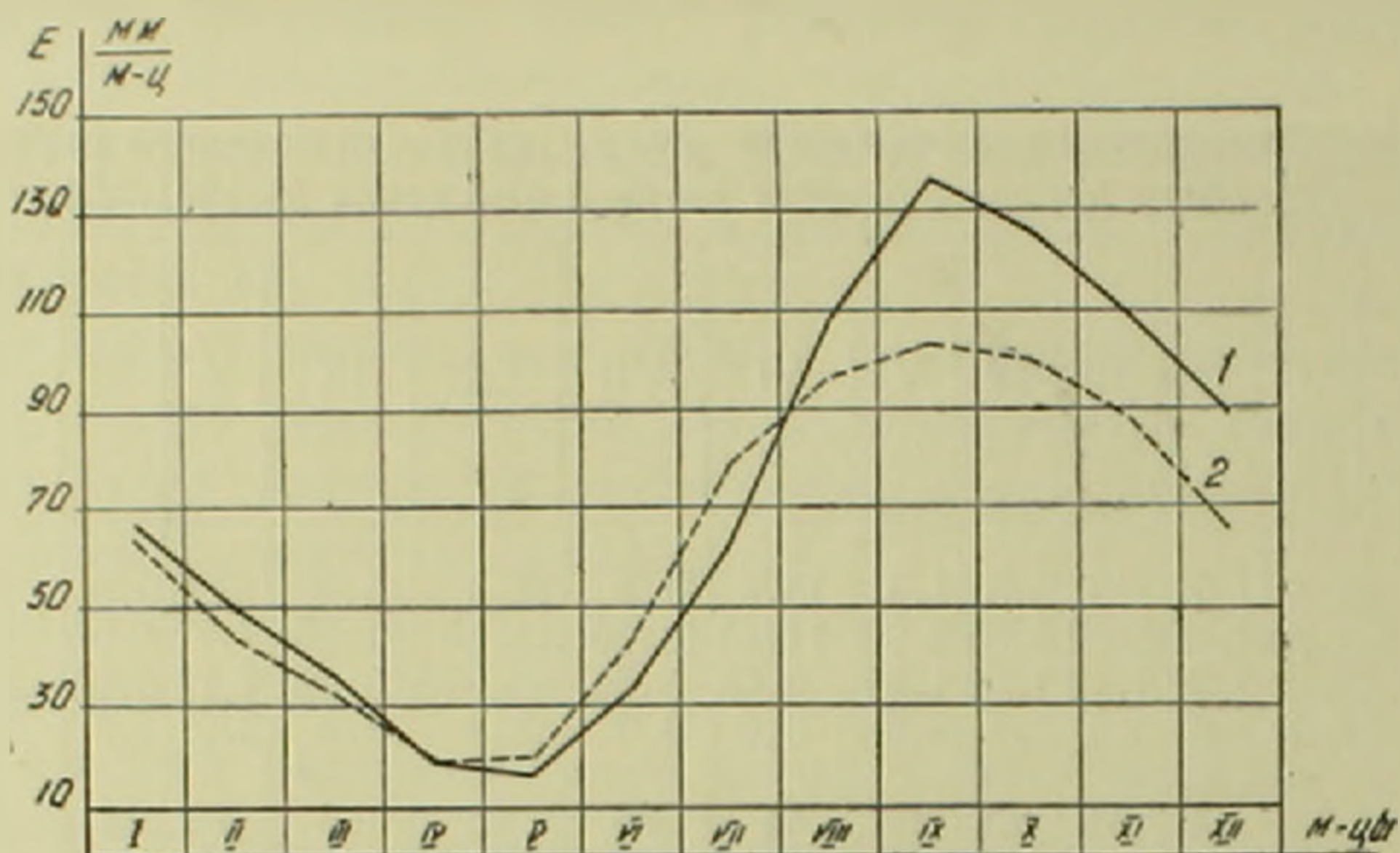


Рис 1. Годовой ход испарения, 1—по В. К. Давыдову за 1927—34 гг.; 2—по автору за 1951—58 гг.

5. Следует отметить, что в целом испарение, рассчитанное В. К. Давыдовым, завышено. Причиной тому, прежде всего, формула испарения, полученная на основании данных мелких испарителей, которая дает неверные результаты при скоростях ветра меньше 5 м/сек. Кроме того, как это стало ясно теперь, скорость ветра на акватории озера им была определена неверно.

6. Полученные результаты показывают, что метод турбулентной диффузии вполне применим для расчета испарения с поверхности оз. Севан.

Институт энергетики и гидравлики
Академии наук Армянской ССР

Ա. Մ. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ

Սևանա լճի մակերևույթից գոլորշիացման որոշման հարցի մասին

Հողվածում ցույց է տրվում, որ մթնոլորտի բալանանաչափ բարակ ջրամերձ շերտում ջրի գոլորշիների տուրբուլենտ դիֆուզիայի հավասարումը կարելի է պարզեցնել և տալ նրան (2) տեսքը: Ներկայացնելով տուրբուլենտականության գործակիցը (3) տեսքով, (5) հավասարումից ստացվում է քամու արագության բաշխման (6) լոգարիթմական օրենքը: Տեղադրելով (7) արտահայտությունը (2)-ի մեջ և խնդրելով այն վերը նշված ջրամերձ շերտում, հեշտությամբ ստացվում է (8) բանաձևը, որը և օգտագործվում է լճի մակերևույթից գոլորշիացումը հաշվելու համար, ընդ որում հաշվարկները կատարելու համար անհրաժեշտ է իմանալ քամու արագությունը, այդ խոնավությունը, ջրի ջերմաստիճանը և տուրբուլենտականությունը բնութագրող խորդուրորդությունների պարամետրը:

Սևանա լճի պայմանների համար բանաձևն ընդունում է (10) վերջնական տեսքը:

հաշվարկների արդյունքները բերված են 1 աղյուսակում և ներկայացված են զծ. 1-ի վրա՝ կյտնեղ ներկայացված են նաև Վ. Կ. Խավիդովի կողմից ստացված արդյունքները՝ չողվածի վերջում բերվում են հիմնական հետևությունները, ընդ որում ցույց է տրվում, որ տուրքովենտ դիֆուզիայի մեթոդը կարելի է կիրառել Սևանա լճի մակերևույթից գոլորշիացումը հաշվելու համար։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ А. К. Ананян, Изв. АН АрмССР, сер. техн. наук, Т. X, № 5, 1957. ² А. П. Браславский и З. А. Викулина, Нормы испарения с поверхности водохранилищ, Гидрометеониздат, Л., 1954. ³ М. П. Тимофеев, Тепловой баланс водоемов и методы определения испарения. Сб. Современные проблемы метеорологии приземного слоя воздуха, Гидрометеониздат, Л. 1958. ⁴ В. К. Давыдов, Водный баланс озера Севан. Материалы исследования оз. Севан и его бассейна, ч. VI, Л., 1938.

ГЕОЛОГИЯ

А. Т. Вегуни

О вулканогенном олигоцене южной Армении

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. С. Мкртчяном 3.X 1959)

Вопросу о возрасте вулканогенного комплекса центральной части Малого Кавказа посвящена обширная литература и ни один вопрос геологии Армении не вызывал в течение последних двадцати лет таких оживленных дискуссий.

Рассматриваемый комплекс отличается большим разнообразием фаций, состава и мощностей. Представлен он гаммой долеритовых и других базальтов, андезито-базальтов, андезитов, трахи-андезитов, трахитов, андезито-дацитов, липаритов, обсидианов, перлитов и их обломочных разностей, в том числе лавобрекчий, туфобрекчий, туфоконгломератов, туффитов и др., накопившихся как в морских, так и в лагунных, озерных и континентальных условиях. Мощность комплекса колеблется в больших пределах. На отдельных площадях она не превышает десятка метров, но в других местах (Варденисский хребет) достигает 1000 м.

К. Н. Паффенгольц ⁽¹⁾ относит этот комплекс целиком к олигоцену, предполагая, что вулканизм начался излиянием основных разностей* лав и закончился кислыми, причем он считает, что этот комплекс нигде не перекрывает отложения моложе эоцена и в ряде мест фациально переходит в озерные и морские отложения, датированные им олигоценом.

Работами последующих исследователей Малого Кавказа ⁽²⁻⁷⁾ было установлено, что вулканогенный комплекс в отдельных местах налегает не только на эоценовые и более древние образования, но и на более молодые — сарматские, мэотические и понтические отложения. Последнее подтверждается многочисленными фаунистическими и флористическими данными, а также данными споро-пыльцевого анализа. Оспаривается и второй тезис К. Н. Паффенгольца о фациальном

* За исключением Мисханского района, где излияния начались с кислых эффузивов.

их переходе по простираанию в морские и озерные отложения. По данным Ш. А. Азизбекова (²), А. Т. Асланяна (³) и др. исследователей, вулканогенная толща фациально смыкается не с отложениями олигоцена, а сармата и мэотиса, кроме того, в ней в ряде районов обнаружена характерная для верхнего миоцена остракодовая фауна и флора энингенского типа (^{3, 4}).

На основании указанных данных возраст вулканогенной толщи с палеогена был перенесен в неоген, причем А. А. Габриелян (⁵), Ш. А. Азизбеков (²), П. Д. Гамкрелидзе, Л. Н. Леонтьев (²) основную часть ее относят к нижнему плиоцену, а долеритовые базальты — к верхнему плиоцену. А. Т. Асланян (³) основную часть толщи относит к верхнему миоцену в составе сарматского мэотического понтического ярусов. С. П. Балян, Н. В. Думитрашко (⁶), Е. Е. Милановский (⁹), П. Л. Епремян и др. считают ее в основном плиоценовой.

В последние годы накопился новый фактический материал, позволяющий в ряде районов Армении выделить в основании упомянутого вулканогенного комплекса образования более древние, чем неоген. А. А. Габриелян и П. Л. Епремян допускают наличие вулканогенного верхнего эоцена и олигоцена в Сисианском районе. А. А. Габриелян допускает также наличие верхнего олигоцена и нижнего миоцена в пределах Варденисского хребта. В пользу наличия вулканогенного олигоцена выступил также Е. Е. Милановский (²). В западном Даралагязе С. А. Исаакян (¹⁰) в составе вулканогенного комплекса допускает наличие образований послеолигоценового-доверхнемиоценового возраста. Возраст указанных толщ определяется, в основном, региональными данными, стратиграфическим положением толщ, степенью их дислокации и литологическими особенностями.

А. Т. Асланяном допускается проявление олигоценового вулканизма в связи с наличием свиты туфогенных желтовато-серых песчаников в составе нижнего олигоцена, в Приереванском районе. К такому же заключению пришла А. С. Остроумова относительно олигоцена верховья р. Шаган.

Автор (¹¹) настоящего сообщения в течение последних лет детально картировал вулканогенный комплекс в южной Армении и пришел к заключению, что в пределах этой области Армении стратиграфически единого вулканогенного комплекса не существует, а в действительности имеется несколько разновозрастных вулканогенных толщ, отличающихся литологическим составом, степенью дислокации, стратиграфическим положением, мощностью и т. д. В частности в составе вулканогенного комплекса бассейна верхнего течения р. Арпа выделяется толща туфогенных и др. вулканогенных пород, относимая нами к эоцену. Возраст ее обосновывается фаунистически и непосредственным прослеживанием отложений. Далее нами выделялись вулканогенные образования, относившиеся к верхнему эоцену и верхнему олигоцену. Возраст этих толщ обосновался их стратиграфическим положением. Автором были выделены на карте вулканогенные

образования верхнего миоцена—нижнего плиоцена (мио-плиоцен), возраст которых был доказан на основе новых находок в них остатков флоры.

В последнее время при детализации разреза вулканогенной толщи совместно с Б. Ф. Гольевым и А. Е. Птухьяном, нами был собран новый фактический материал, уточняющий возраст отдельных толщ вулканогенного комплекса, в пределах южной Армении.

К востоку от сел. Ринд на глинистых песчаниках с фауной *Nummulites fabianii* Prev., *N. ingrassatus* de la Harpe и *N. intermedius* d'Arch. залегает толща разнообразных по составу и размерам обломков туфобрекчий и туфоконгломератов, мощностью 40 м, которая постепенно выше переходит в туфопесчаники и глины с фауной *Nummulites intermedius* d'Arch. Последние в свою очередь выше постепенно, через свиту туфопесчаников и туфоконгломератов, переходят в плотные туфобрекчий с крупными угловатыми обломками андезита. Разрез этот венчается покровом массивных андезитов темно-серого и фиолетово-серого цветов мощностью свыше 100 м.

Такое соотношение пород наблюдается и к западу от сел. Ринд на расстоянии 2 км от вышеописанного. Здесь в средней части толщи однообразных плотных туфобрекчий андезитов мощностью до 250 м обнажается пачка слоистых светло-серых песчаников мощностью 15 м с обильной фауной фораминифер в том числе *Nummulites intermedius* d'Arch, *Caucasiana schischkinky* Samoilova, *Nonionella bykovae* Volosh., *Globigerina* sp., *Bolivina* sp., *Rotalia* sp., *Virgulina schreibersiana* Czjzek и др*.

Пространственное прослеживание указанных вулканогенных и осадочных отложений показывает наличие классического примера фациального перехода осадочных отложений в вулканогенные, на что указывал еще К. Н. Паффенгольц. В низах толщи язык вулканогенных пород вклинивается в фаунистически охарактеризованные отложения нижнего олигоцена, а в верхах — в направлении с запада на восток наблюдается постепенное выклинивание осадочных пород и замещение их вулканогенными отложениями. Далее к западу от сел. Ринд в толще вулканогенных пород наблюдается линза песчаников и глин мощностью до 15 м и протяженностью до 1 км.

Из вышеприведенного следует, что в районе сел. Ринд мы имеем типичный пример взаимоперехода осадочных отложений олигоцена (в составе его нижней и средней частей) и типичных вулканогенных пород. Следовательно, возраст вулканогенного комплекса в этой части Армянского нагорья в низах своих ниже-среднеолигоценовый.

Аналогичный пример взаимоперехода осадочных и вулканогенных отложений установлен нами также в районе сел. Зовашен, в 20 км к северо-западу от сел. Ринд.

* Микрофлора определена Л. А. Мешеряковой

На этом участке также на фаунистически охарактеризованных отложениях олигоцена (по-видимому нижнего) залегает мощная до 130 м толща чередующихся обломочных и др. пород в составе туфобрекчий санидиновых и биотитовых трахилипаритов, туфопесчаников, туфов, дацитов и др. В верхах толща эта переходит в слоистые серовато-бурые глины и полимиктовые мелкозернистые глинистые песчаники с богатой микрофауной в том числе: *Giroldina soldanii* Orb., *Anomalina* (*Anomalina*) *mantaensis* Gall. et Morr., *Anomalina affinis* Hant., *Cibicides ungerianus* Orb., *Eponides umbonatus* (Reuss.), *Gaudrina* sp., *Nodosaria bacillum* Defr., *Globigerina bulloides* Orb., *Globigerina corpulenta* Sub., *Bulimina sculptilis* Cushman, *Uvigerina costellata* Mor., *Bifarina millepunctata* (Tutk.), *Virgulina schreibersiana* Czjzek, *Lagena striata* (Walk. et Jac.), *Glandulina laevigata* Orb., *Suphonodosaria* sp., *Cristellaria iaticostata* Tutk., *Wagnulinina mexicana* Nutt., *Pullenia quinqueloba* Reuss, *Acarinina centralis* (Cushman et Berm.), *Planulina costata* (Hant.), *Dentalina acuta* Orb., *Fronicularia budensis* (Hant.).

Случаи взаимоперехода вулканогенных пород в осадочные отложения олигоцена нами наблюдались в районе сел. Карахач в 5 км к северо-западу от сел. Зовашен и в районе сел. Гетап.

Рассматривая вопрос возраста вулканогенных пород для южной Армении, в частности для бассейна р. Арпа, можно считать доказанными следующие положения.

1. Вулканогенный комплекс неоднороден не только в фациальном и генетическом отношении, но и в возрастном. В составе его можно выделить отложения среднего эоцена, нижнего и среднего олигоцена и верхнего миоцена—нижнего плиоцена. Все три толщи залегают друг на друге несогласно, различаются вещественным составом слагающих пород, степенью и планом дислокации. Эоценовый возраст части комплекса обосновывается фаунистически; нижне-среднеолигоценовый — по фауне характерных нуммулитов, а миоплиоценовый — флористическими данными.

2. Из состава вулканогенного комплекса к эоценовым образованиям нужно отнести грубослоистые синевато-серые, плотные туф-фиты и андезиты верхнего течения р. Арпа (район курорта Джермук). Нижне-среднеолигоценовой можно считать мощную, до 600 м толщу вулканогенных пород пестрого состава западной части Варденисского хребта, в окрестностях сел. Карахач, Биралу, Зовашен, Ортун, Элпин, Ринд, Агавнадзор, Шатин, Горс, вулканогенную толщу основания г. Амулсар, выходы вулканогенных пород у истоков р. Арпа к северу от курорта Джермук и сел. Зирак, и аналогичные вулканогенные образования в северной части Зангезурского и крайнего востока Айоцдзорского хребтов, т. е. основную часть вулканогенного комплекса, относившегося К. Н. Паффенгольцем⁽¹⁾ к олигоцену. К мио-плиоцену относится маломощный (до 100—150 м) покров розовых и светло-серых андезитов и их обломочные разности с рыхлыми

образованиями в основании, слагающие значительные площади на Варденисском, Айоцдзорском и Зангезурском хребтах.

3. Рассматривая выделенную нами вулканогенную толщу нижнего и среднего олигоцена на фоне олигоценовых образований южной части Малого Кавказа, мы видим классический пример фациального перехода типично осадочных образований в вулканогенные. Первые преобладают на северо-западе описанной области в бассейнах рек Гарни, Веди и Шагап. Вторые развиты преимущественно на юго-востоке, в пределах бассейнов рек Арпа, Воротан и Нахичиван-чай (Апракунисская толща). Взаимопереход обеих фаций со сложной гаммой разновидностей наблюдается на стыке Шагапской и Арпинской синклиналей, на протяжении свыше 30 км, от сел. Карахач (по данным К. Н. Паффенгольца и А. С. Остроумовой, может быть и западнее) до сел. Гетап.

4. Вулканогенный комплекс на ряде участков прорывается небольшими интрузиями гранитоидов, которые, однако, не выходят за пределы отложений моложе олигоцена. На этом основании обосновывается послесреднеолигоценый-доверхнемиоценовый цикл интрузивного геосинклинального магматизма. К этому циклу относятся интрузии Зиракской, Кечутской и Гюмушханской групп, ряд интрузивных выходов Сисианского района в том числе района коч. Шукар, г. Араджи и др.

Управление геологии и охраны недр при СМ
Армянской ССР

Ա. Թ. ՎԵՂՈՒՆԻ

Հաղավայրի և Հայաստանի հրաբխային օլիգոցենի մասին

Փոքր կովկասի կենտրոնական մասում լայն տարածված հրաբխային շերտախմբի հասակի հարցը վերջին քսան տարիների բնթացքում լուրջ փնտրանքային աղբյուր է կոչվել Կ. Ն. Պաֆենգոլցը այդ շերտախմբը համարում է օլիգոցենյան, Ա. Ն. Գաբրիելյանը, Ա. Տ. Ասլանյանը և ուրիշները՝ նեոգենյան:

Հեղինակի նորադույն տվյալները այդ շերտախմբի մի հատվածի մասին, որը մեծ տարածում ունի Արփա գետի ավազանում, ասլացուցում են նշված շերտախմբի հիմնական, ստորին մասի օլիգոցենյան հասակը՝ Վերջինս հիմնավորվում է բազմաթիվ, օլիգոցենին բնորոշ կենդանական (նումուլիտների և այլ ֆորամինիֆերների) մնացորդների առկայությամբ:

Այս տվյալները գալիս են համոզելու, որ Արփա գետի հովտում հրաբխային կոմպլեքսը բաղկացած է հիմնականում երկու տարրեր հասակի շերտախմբերից, որոնցից վերինը ստորինի վրա նստած է աններդաշնակորեն: Առաջին շերտախմբի հասակը որոշված է որպես ստորին և միջին օլիգոցեն, վերինի հասակը՝ վերին միոցեն—ստորին պլիոցեն: Նոր տվյալների հիման վրա ճշտված է Արփա գետի ավազանում տարածված ինտրուզիվ առաջացումների հասակը: Քանի որ վերջիններս պատռում են ստորին և միջին օլիգոցենի շերտախմբը և ծածկվում վերին միոցենի—ստորին պլիոցենի շերտախմբով, հետևաբար Արփա գետի ավազանում ինտրուզիաների հասակը հետ միջին օլիգոցենյան ստորին միոցենյան է:

¹ К. Н. Паффенгольц. Геологический очерк Кавказа, Изд. АН АрмССР, Ереван, 1959. ² Ш. А. Азизбеков, ДАН СССР, XXXIV, № 5 (1952). ³ А. Т. Асланян, Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1949. ⁴ А. Т. Асланян, Изв. АН АрмССР, т. VIII, № 6 (1953). ⁵ А. А. Габриелян, Научн. тр. Ер. госуниверситета, серия геол., т. XXXVII, 1952. ⁶ М. А. Кашкай, ДАН АзССР, т. 8, №6 (1952). ⁷ Л. Н. Леонтьев и В. Е. Хайн, ДАН СССР, т. I, XVII, № 4 (1949). ⁸ Н. В. Думитрашко, С. П. Балян, Изв. АН СССР, серия геол. № 1, 1952. ⁹ Е. Е. Милановский, Изв. АН СССР, серия геол., № 10, 1956. ¹⁰ С. А. Исаакян, ДАН АрмССР, т. XXII, № 2. ¹¹ А. Т. Везуни, Сб. научн. трудов ЕрПИ, Ереван, 1956.

МИНЕРАЛОГИЯ

Г. О. Пиджян

Германиевые минералы и германиеносные сульфиды
одного медно-молибденового месторождения

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном 13. I 1960)

При проведении полевых геологических работ с целью изучения минералогии и геохимии руд одного медно-молибденового месторождения нами были обнаружены сильно измененные окварцованные брекчированные породы с халцедоноподобным кварцем, содержащие вкрапленники, прожилочки и гнездообразные включения блеклой руды, халькопирита и борнита.

На отдельных участках в зоне окисления указанные породы сильно заохрены, лимонитизированы и содержат примазки и налеты малахита и азурита.

В результате проведенных детальных микроскопических исследований было установлено, что блеклая руда представлена мышьяковистой разновидностью — теннантитом, в полях которого и в сростаниях с ним были обнаружены в виде примесей минералы германия — рениерит и германит. Кроме отмеченных минералов в полях теннантита развиты зерна и выделения энаргита, халькопирита, халькозина, ковеллина, висмутина и редко золота. В виде отдельных зерен встречаются: борнит, пирит и молибденит.

Имея в виду то обстоятельство, что наибольший интерес представляют минералы германия, ниже приведем их описание.

Рениерит — $[(\text{Cu}, \text{Fe})_3 (\text{Fe}, \text{Ge}, \text{Zn}, \text{Sn}) (\text{S}, \text{As})_4]$ — является наиболее часто встречающимся германиевым минералом. Он обычно тесно ассоциирует с теннантитом, развивается в его полях и нередко образует с ним зернистые сростания. Рениерит, большей частью, представлен в виде мельчайших выделений, размеры которых колеблются от 0,01 — 0,02 до 0,05 — 0,08 мм, однако встречаются и более крупные зерна с размерами 0,1 — 0,3 мм. В отраженном свете рениерит характеризуется светло-оранжевым цветом иногда с коричневатым оттенком. По своей отражательной способности близок к теннантиту и обладает очень сильной анизотропностью с хорошо заметным цветным эффектом от светло-оранжево-коричневатого до голубовато-се-

рого тонов. Реннерит полируется хорошо, твердость средняя (по нашим наблюдениям рельеф реннерита немного выше рельефа теннантита). Изредка встречаются сростания реннерита и германита, в этом случае реннерит замещает германит и развивается по нему. По времени образования реннерит и теннантит являются почти одновременными, однако в отдельных случаях отмечаются явления замещения теннантита реннеритом, что говорит о несколько более позднем образовании реннерита.

При сравнении наших полированных шлифов с полированным шлифом, изготовленным из руд крупного месторождения Цумеб (юго-западная Африка), устанавливается сходство реннерита и парагенетической ассоциации минералов: теннантит — халькопирит — энаргит — реннерит — германит — халькозин.

Германит — $[\text{Cu}_2 (\text{Fe}, \text{Ge}, \text{Zn}, \text{Ga}) (\text{S}, \text{As})_4]$ встречается большей частью в виде отдельных мельчайших выделений и редко в ассоциации с теннантитом и энаргитом в их полях в виде тонких полосок и отдельных зерен с размерами от 0,01—0,05 до 0,1 мм. В отраженном свете характеризуется оранжево-розовым цветом иногда со слабым фиолетовым оттенком. По цвету иногда напоминает борнит, но лишен коричневатого оттенка. Германиевые минералы не окисляются, поэтому германит можно четко отличить от борнита в окисленных полированных шлифах по своей свежести. Отражательная способность германита очень близка к отражательной способности борнита. В скрещенных николях германит изотропен, внутренних рефлексов не имеет. Полируется хорошо, твердость низкая — средняя, рельеф немного выше рельефа борнита, но отчетливо ниже рельефа теннантита.

Окварцованные породы с медно-мышьяковой минерализацией (штуфные пробы) были подвергнуты полуколичественному спектральному анализу Г. М. Мкртчяном и М. Я. Мартиросяном. В табл. 1 приводятся результаты спектральных анализов в процентах.

Таблица 1

Элементы	Номер пробы и краткая характеристика					
	9 медн.-мыш. руда	510 обогащ. тен- нантитом	124 медн.-мыш. руда	124 а обогащ. тенинантитом	409 обогащ. тенинантитом	409 а обогащ. тенинан- титом
Cu	~ 10.0	> 10.0	> 1.0	> 10.0	~ 10.0	> 10.0
Mo	0.1	0.1	0.01	0.1	0.1	0.03
Pb	> 0.001	0.01	0.01	0.01	0.003	0.01
Ag	0.01	0.03	0.003	0.01	> 0.03	> 0.03
Sb	—	0.03	0.01	0.03	0.03	0.1
Bi	0.03	0.1	0.03	~ 0.1	0.03	0.1
As	1.0	> 3.0	> 1.0	> 3.0	> 3.0	~ 10.0
Zn	0.03	1.0	0.1	~ 1.0	0.3	~ 1.0
Te	—	—	—	0.01	0.01	0.03
Ge	0.003	0.1	0.01	0.1	0.03	0.1
Au	0.003	0.01	0.003	0.01	0.003	0.01
Sn	—	0.001	—	0.001	—	—

Контрольные спектральные анализы проб 9 и 124 производились в лаборатории ИМГРЭ (Москва) под руководством Н. В. Лизунова и подтвердили данные лаборатории Института геологических наук АН Армянской ССР.

Химические анализы этих же образцов руд на германий производились в химической лаборатории редких элементов аналитиком С. А. Дехтрикян и показали следующие результаты:

проба 9—Ge—0,001 ‰	проба 124—Ge—0,0042 ‰
проба 510—Ge—0,043 ‰	проба 124а—Ge—0,085 ‰
проба 409—Ge—0,023 ‰	проба 409а—Ge—0,036 ‰

Спектральный анализ чисто отобранного под бинокляром теннантита, в полях которого под микроскопом отмечаются выделения рениерита, германита, висмутина и золота, показал следующие результаты в процентах:

Проба 124б—Ni—0,03; Co—0,03; Mo—0,1; Cu—10,0; Pb—0,03; Ag—0,03; Sb—0,1; Bi—0,3; As—10,0; Zn—1,0; Cd—0,003; Te—0,03; Sn—~0,003; Ge—0,3; Au—0,03.

Химический анализ этой пробы показал высокое содержание германия—0,15 ‰.

Спектральными и химическими анализами германий установлен также в чисто отобранных под бинокляром сульфидных минералах, в полях которых под микроскопом не были встречены германиевые минералы. В табл. 2 приводятся результаты этих анализов.

Таблица 2

Номера пробы	Наименование пробы	Содержание германия ‰		Примечание
		Спектральн. анализ	Химический анализ	
127	Халькопирит с теннантитом	0,005—0,01	0,0055	Спектральные анализы выполнены Г. М. Мкртчяном и М. Я. Мартиросяном. Химические анализы С. А. Дехтрикян
79	Халькопирит	0,001—0,003	0,001	
149	Халькопирит	0,001	0,001	
29	Галенит	—	0,00034	
128	Пирит	—	0,0002	

На основании вышеприведенных данных можно сделать вывод, что германий образует в медно-мышьяковых рудах как самостоятельные минералы, так и присутствует в виде изоморфной примеси в отдельных сульфидных минералах.

Следует отметить, что в чисто отобранных молибденитах только в отдельных пробах химическим анализом был установлен германий, и то в незначительном количестве—0,0001 ‰.

Медно-мышьяково-германиевое оруденение в общей схеме гидротермальной минерализации занимает свое особое место. Оно пространственно и по времени образования обособляется от медно-молибденового оруденения.

Медно-мышьяково-германиевое оруденение образовалось после кварц-молибденитовых, кварц-халькопирит-пиритовых и полиметаллических руд в более позднюю — медно-мышьяковую стадию минерализации, где главным рудным минералом является теннантит, а жильным минералом халцедоноподобный кварц от серовато-белого до темно-серого, черного цвета.

По парагенетической ассоциации минералов описанная нами медно-мышьяково-германиевая минерализация сходна с рудами месторождения Цумеб (2). Основное отличие заключается в том, что в рудах Цумеба кроме теннантита ведущую роль играют также галенит и сфалерит.

В заключении, пользуясь случаем, выражаю свою глубокую признательность академику АН Армянской ССР И. Г. Магакьяну за ценные советы и консультации при микроскопическом изучении медно-мышьяковой минерализации и, в частности, при определении германиевых минералов.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Գ. Զ. ՊԻՋՅԱՆ

Մի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի գերմանիումի միներալները և գերմանիում պարունակող սուլֆիդները

Դաշտային երկրաբանական հետազոտությունների ժամանակ հեղինակին հաջողվեց մի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրում հայտնաբերել շատ խիստ փոփոխված, կվարցացած, բրեկչիացած ապարներ խալցեդոնանման կվարցով, որոնք պարունակում են տենանտիտ, խալկոպիրիտ և բոռնիտի ներփակումներ և երակիկներ:

Այդ հանքանյութերի մանրազնին մանրադիտակային ուսումնասիրությունները տվեցին նոր տվյալներ. տենանտիտի դաշտերում և նրա հետ սերտ կապակցված հեղինակը հայտնաբերեց գերմանիումի հազվագյուտ միներալներ՝ ռենիերիտ և գերմանիտ: Բացի նշված միներալներից տենանտիտի հետ միասին և առանձին հատիկներով հաճախ հանդիպում են էնարգիտ, խալկոպիրիտ, խալկոզին, բոռնիտ, կովելին, բիսմութին և հազվագեղասկի. սլիքիտ և մոլիբդենիտ: Նկատի ունենալով այն հանգամանքը, որ գերմանիումի միներալները մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում, ստորև բերվում է համառոտակի նրանց նկարագրությունը:

ՌԵՆԻԵՐԻՏԸ հանդիսանում է համեմատաբար հաճախ հանդիպող գերմանիումի միներալ: Նա սերտ կապված է տենանտիտի հետ և մեծ մասամբ տարածված է նրա դաշտերում: Անդրադարձված լույսի տակ ռենիերիտը բնորոշվում է բաց օրանժ գույնով երբեմն շագանակագույն երանգով, ըստ լույսի անդրադարձման հատկության մոտ է տենանտիտին և շատ ուժեղ անիզոտրոպ է գույների երանգների փոփոխումով: Առանձին դեպքերում ռենիերիտը դարդանում է ըստ գերմանիտի, և տեղակայում է նրան:

ԳԵՐՄԱՆԻՏԸ մեծ մասամբ հանդիպում է առանձին մանր հատիկներով, իսկ երբեմն էլ տենանտիտի և էնարգիտի հետ կապակցված նրանց դաշտերում: Անդրադարձված լույսի տակ գերմանիտը բնորոշվում է օրանժ-վարդագույն գույնով, երբեմն նկատելի թույլ մանիշակագույն երանգով: Նա ըստ գույնի հիշեցնում է բոռնիտին, բայց գուրի է շագանակագույն երանգից: Գերմանիումի միներալները չեն օքսիդանում այդ պատճառով գերմանիտը բավականին հեշտ որոշվում է օքսիդացած հանքանյութերում: Գերմանիտն ըստ լույսի անդրադարձման հատկության շատ մոտ է բոռնիտին: Խաչածև նիկոլներում իզո-

որոպէս է և զուրկ է ներքին ռեֆլեքսներից: Գերմանիտի կարծրութիւնը՝ ցածրից միջին է, հղկվում է լավ և ըստ ուլյեֆի մի փոքր բարձր է բռնիտից, բայց նկատելի ցածր է տենանտիտից:

Կվարցացած ապարների առանձին նմուշներ պղինձ-մկնդեղային հանքայնացումով և հարստացված տենանտիտով ենթարկվեցին կիսաքանակական սպեկտրալ անալիզների և ցույց տվեցին գերմանիումի, արծաթի, բիսմութի, ոսկու և տելուրի բարձր պարունակութիւններ (աղյուսակ 1): Պղինձ-մկնդեղային հանքանյութերի առանձին նմուշներում, որտեղ դերակշռում է տենանտիտը քիմիական անալիզների միջոցով գտնված է գերմանիումի բարձր պարունակութիւններ՝ 0,023—0,085 %:

Բինոկուլյարի տակ մաքուր ջրկված տենանտիտի մեջ (մանրադիտակի տակ տենանտիտի դաշտերում հայտնաբերվել են ունիերիտ և գերմանիտ) քիմիական անալիզով որոշվել է 0,15 % գերմանիում:

Սպեկտրալ և քիմիական անալիզների միջոցով գերմանիում հայտնաբերվել է նաև բինոկուլյարի տակ մաքուր ջրկված խալկոպիրիտի, գալենիտի և պիրիտի մեջ (աղյուսակ 2): Գետք է նշել, որ վերոհիշյալ սուլֆիդներում մանրադիտակի տակ գերմանիումի միներալներ չեն գտնված:

Վերոհիշյալ տվյալների հիման վրա կարելի է եզրակացնել, որ գերմանիումը հանդես է գալիս ինչպես ինքնուրույն միներալների ձևով, այնպես էլ որպես իզոմորֆ խառնուրդ առանձին սուլֆիդներում:

Պղինձ-մկնդեղա-գերմանիումային հանքայնացումը հիդրոթերմալ միներալիզացիայի ընդհանուր սխեմայում գրավում է իր հատուկ տեղը: Նա ըստ տարածման և ժամանակի առանձնացված է պղինձ-մոլիբդենային հանքայնացումից և առաջացել է ուշ միներալիզացիայի ստադիայում, որտեղ զլխավոր երակային միներալը հանդիսանում է խալցեդոնանման կվարցը, իսկ հանքային միներալը՝ տենանտիտը:

Նկարագրված պղինձ-մկնդեղա-գերմանիումային միներալիզացիան ըստ միներալների պարագենետիկ ասոցիացիաների նման է հարավ-արևմտյան Աֆրիկայի Յումեբ խոշոր հանքավայրի միներալիզացիային, սակայն այն տարբերությամբ, որ Յումեբում բացի տենանտիտից զլխավոր հանքային միներալներ են հանդիսանում նաև սֆալերիտը և գալենիտը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Ramdohr Paul, Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin (1955).
² К. Б. Склер и Б. Г. Лееп, The paragenetic relationships of germanite and renierit from Tsumeb South West Afrika, Economic Geology, Vol. 52, № 6 (1957).

СИСТЕМАТИКА

Е. М. Аветисян

К палиносистематике рода *Heterocaryum* DC.

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. Л. Тахтаджяном 7. X 1959)

Крупный знаток семейства Boraginaceae М. Г. Попов неоднократно отмечал, что род *Heterocaryum* заслуживает особо детального морфологического, цитологического, эмбриологического и систематико-географического изучения^(1,2). Учитывая некоторую неясность в систематическом положении этого рода в семействе Boraginaceae, мы и решили исследовать род *Heterocaryum* с палинологической точки зрения. Нами изучена пыльца всех шести видов рода, а также использованы данные наших исследований по семейству бурачниковых⁽³⁾. Обработка велась упрощенным ацетолизным методом⁽⁴⁾.

Род *Heterocaryum* впервые был выделен Декандоллем⁽⁵⁾ из рода *Lappula* Moench., в котором он составил отделную, секцию *Heterocaryum*, установленную Гюрке⁽⁶⁾. После Декандолля, Буассье⁽⁷⁾, Кунце⁽⁸⁾, Липский⁽⁹⁾, Кузнецов⁽¹⁰⁾ вновь объединили род *Heterocaryum* с родом *Lappula*. Однако, ряд ботаников справедливо указывали на необоснованность соединения этого рода с родом *Lappula*. Например, Воронов⁽¹¹⁾ писал: „Принимая во внимание своеобразное строение плода у групп форм, отнесенных к секции *Heterocaryum* рода *Lappula*, группу эту лучше рассматривать как особый род“. Брандт⁽¹²⁾ восстановил этот род, его самостоятельность принимают также Ледебур⁽¹³⁾, Попов⁽²⁾, Гроссгейм⁽¹⁴⁾, Закиров⁽¹⁵⁾.

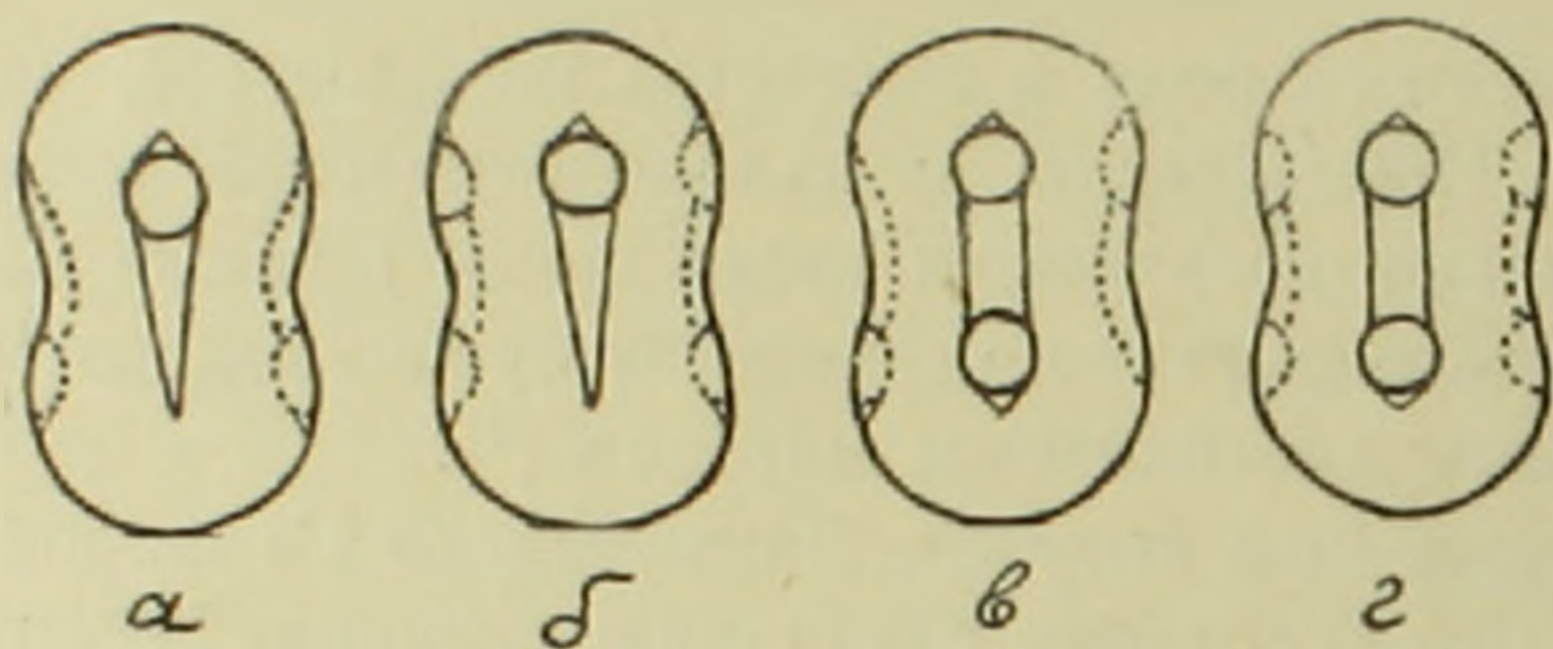
Наши данные по родам *Heterocaryum* и *Lappula* показали, что они резко отличаются по морфологии пыльцы. Пыльцевые зерна *Heterocaryum* трехборозднопоровые (3—зоникольпоратные). Борозды длинные, концы их соединяются на обоих полюсах, поры расположены в центре борозд в экваториальной части зерен: форма пыльцы почти коконообразная, поверхность сэкзины гладкая (фиг. 1).

Пыльцевые зерна рода *Lappula* шестибороздные, причем из шести борозд только три имеют поры, поровые и беспоровые чередуются (гетерокольчатая пыльца). Поры расположены по одной*, очень редко (*L. sinatca* (DC.) Aschers), по две в каждой поровой борозде.

* *L. barbata* (MB.) Gürke, *L. drobovii* n. Pop., *L. consaguineum* (F. et Mey.) Gürke, *L. heteracantha* (Ldb.) Gürke, *L. kulikalonica* Zak., *L. marginata* (MB.) Gürke, *L. stricta* (Ldb.) Gürke, *L. spinocarpos* (Forsk.) Aschers.

или же одна борозда однопоровая, а две другие двухпоровые* и наконец одна борозда может иметь по две поры, а две остальные борозды по одной поре**. При всех случаях поры расположены по обе стороны от экватора. Форма зерен коконообразная, сэкзина гладкая (фиг. 2).

Как видно из вышеизложенного, пыльцевые зерна родов *Heterocarpyum* и *Lappula* принадлежат к совершенно разным морфологическим типам пыльцы, которые трудно вывести непосредственно друг от друга. В общей схеме эволюции пыльцы бурачниковых эти два типа представляют совершенно разные этапы специализации спородермы. Тип пыльцы рода *Lappula* (наличие беспоровых и поровых борозд) характерен для всех родов триб: *Eritrichieae*, *Synoglosseae*, некоторых *Lithospermeae* и *Rochellieae*. Совершенно тождественно с родом *Lappula* пыльцу имеют роды *Eritrichium* Schrad., *Amblynotus* Johnst., *Rochellia* Rchb. Что же касается пыльцевых зерен рода *Heterocarpyum*, то подобный тип зерен не встречается во всем



Фиг. 1 Расположение пор у видов *Lappula* (а, б, в, г) — борозд, коконообразная форма и др.) не характерна для пыльцы этих родов.

Таким образом, роды *Heterocarpyum* и *Lappula* по строению пыльцевых зерен представляют совершенно разные типы, что лишнее подтверждает самостоятельность рода *Heterocarpyum* DC. Виды же рода *Heterocarpyum**** имели очень сходную пыльцу, незначительные различия между которыми выражались в общих размерах зерен и в степени сужения с экватора.

Трехборозднопоровая линия развития пыльцы, т. е. та линия, к которой принадлежат пыльцевые зерна рода *Heterocarpyum*, берет начало от тропических представителей семейства. Трехборозднопоровые микроспоры имеют: род *Patagonula* L., некоторые виды рода *Cordia*, напр. *C. scabrida* Mart., *C. alliodora* (R. et Pav.) Cham. и *C. abyssinica* R. Br. из подсемейства *Cordioloideae*, а также р.р. *Pteleocarpus* Oliv. и *Poskea* Vatke из подсемейства *Ehretioideae*. Из „истинных“ бурач-

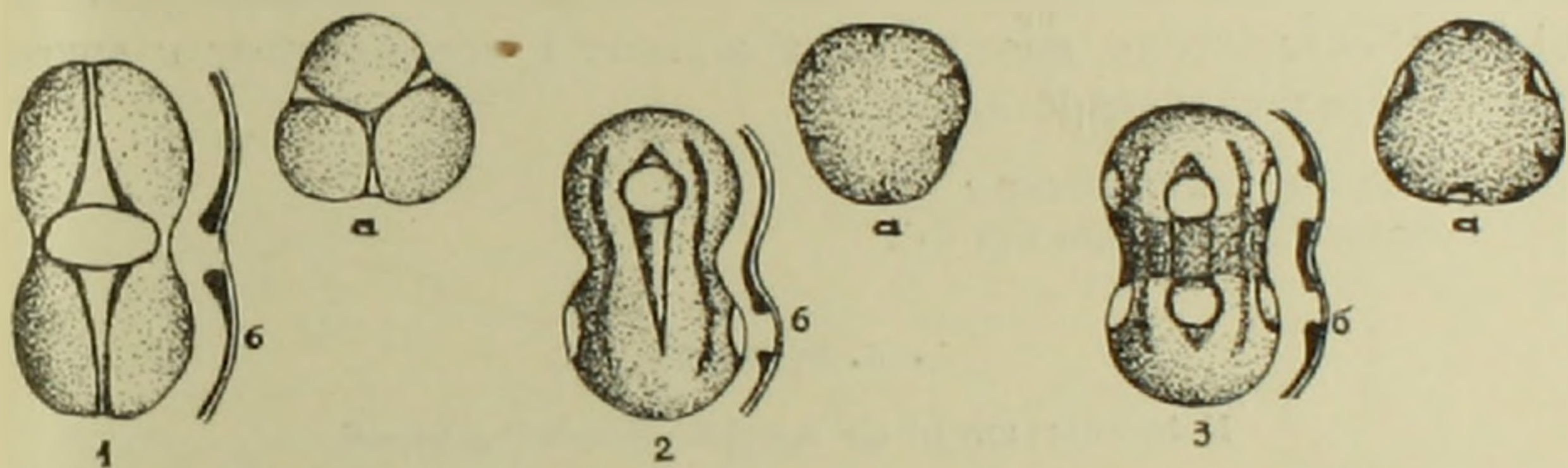
* *L. aktaviensis* M. Pop., *L. semiglabra* (Ldb.) Gürke, *L. sessiliflora* (Boiss.) Gürke.

** *L. macrantha* (Ldb.) Gürke, *L. patula* (Lehm.) Aschers., *L. saxatilis* Kuhn., *L. semiglabra* (Ldb.) Gürke, *L. tenuis* (Ldb.) Gürke.

*** *H. echinophorum* (Pall.) Brand, *H. laevigatum* (Kar. et Kir.) DC., *H. macrocarpum* Zak., *H. oligacanthum* (Boiss.) Bornm., *H. rigidum* DC., *H. szowitsianum* (Fisch. et Mey.) DC.

никовых такие пыльцевые зерна свойственны родам *Caccinia* Savl., *Trichodesma* R. Br., *Craniospermum* Lehm., *Lycopsis* L.

Интересно, что пыльцевые зерна всех упомянутых родов хотя и являются трехборозднопоровыми, но морфологически сильно различаются. При этом пыльцевые зерна *Heterocaryum* можно считать одним из специализированных типов в этой линии развития. От пыльцевых зерен тропических представителей семейства зерна рода *Heterocaryum* отличаются гладкой сэкзиной и мелкими размерами. Как нами было показано ранее, поверхность сэкзины пыльцы тропических родов и видов покрыта шипами (*C. scabrida*, *C. alliodora*), зернышками (*Poskea* Vatke) или сеткой (*Cordia abyssinica*, р.р. *Pteleocarpus* Oliv., *Patagonula*). Величина пыльцевых зерен видов *Heterocaryum* 14—16 μ , в то время как тропических представителей не менее 30, а иногда доходит даже до 50 μ . От родов *Poskea*, *Caccinia* и *Trichodesma* зерна рода *Heterocaryum* отличаются большей специализацией пор. Если у этих родов поры слабо дифференцированы в бороздах, у *Heterocaryum* они резко отграничены. Наконец, от пыльцевых зерен всех родов трехборозднопорового типа (кроме рода *Caccinia*) род *Heterocaryum* отличается срастанием концов борозд на двух полюсах зерен. Срастание концов борозд наблюдается и на зернах некоторых видов рода *Onosma*—*O. baldschuanicum* Lipsky, *O. caucasicum* Levin и др. Однако у последних борозды срастаются лишь на одном полюсе⁽³⁾.



Фиг. 2. 1—*Heterocaryum schowitsianum* (F. et M.) DC. 1a—вид сбоку, 1б—оптический разрез сэкзины; 2—*Lappula tianshanicum* M. Pop. et Zak; 2a—вид сбоку, 2б—оптический разрез сэкзины; 3—*Lappula sinaica* (DC.) Aschers. 3a—вид сбоку, 3б—оптический разрез сэкзины.

В этом отношении оригинальное положение занимают пыльцевые зерна рода *Caccinia* Savl. Среди всех бурачниковых только у зерен рода *Caccinia* концы трех борозд срастаются на обоих полюсах, хотя, как было выше отмечено, поры в бороздах у *Caccinia* еще очень слабо выражены.

Согласно концепции М. Г. Попова⁽¹⁵⁾, род *Heterocaryum* как од-нолетник является последним звеном какой-то „филии“ нити эволюции, которая идет от древнего тропического типа (кордиевого?) к многолетней траве *Heterocaryum*. Непосредственным предком рода *Heterocaryum* Попов считал род *Trichodesma*, который, в свою очередь,

филогенетически сближается с родом *Suchtelenia* Kar. Вторым предком рода по его же мнению является род *Caccinia*. При этом род *Heterocaryum* сближается с родом *Trichodesma* одинаковой формой гинобазиса, а с родом *Caccinia* зигоморфностью (венчик у *Caccinia*, плод у *Heterocaryum*).

Данные морфологии пыльцевых зерен показывают, что род *Heterocaryum*, как и роды *Caccinia* и *Trichodesma* принадлежит к одной трехборозднопоровой линии развития пыльцевых зерен. Эта линия действительно морфологически сближается с тропическими подсемействами, однако не только с подсемейством *Cordioloideae*, как думал М. Г. Попов, но также и с подсемейством *Erethioideae*. На основании морфологии пыльцевых зерен род *Heterocaryum* трудно связать с р. р. *Caccinia* и *Trichodesma*, ибо, если срастанием концов борозд он более сближается с р. *Caccinia*, то степенью дифференциации пор более близок к роду *Trichodesma*. Во всяком случае, более низкий уровень специализации микроспор родов *Caccinia* и *Trichodesma*, по сравнению с родом *Heterocaryum*, говорит об их сравнительной примитивности в данной линии развития. Эволюция пыльцы шла в этой линии развития в сторону дифференциации пор в бороздах, сглаживания поверхности экзины и уменьшения общих размеров.

Род же *Suchtelenia*, который на основании сходства строения гинобазиса сближается с родом *Heterocaryum* (¹⁵), по строению пыльцевых зерен резко отличается от последнего. Тип пыльцы рода *Suchtelenia* совершенно иного происхождения и принадлежит к другой не трехборозднопоровой линии.

Ботанический институт
Академии наук Армянской ССР

Ե. Մ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

Heterocaryum ցեղի պալիմոսիոսեմիաիկան

Աշխատանքում կիրառված է բույսերի սիստեմատիկայի նորադույն մեթոդներից մեկը՝ ծաղկեփոշու մորֆոլոգիական ուսումնասիրությունը. ցեղի սիստեմատիկայի որոշ հարցերի պարզաբանման համար՝ *Heterocaryum* ցեղը մի շարք բուսաբանների կողմից միացվում է *Lappula* ցեղի հետ, սակայն այս ցեղի պտղի յուրահատուկ կառուցվածքը հիմնված է տալիս մի այլ շարք բուսաբաններին նրան համարելու ինքնուրույն ցեղ։ Մեր ուսումնասիրություններից պարզվում է, որ *Lappula* և *Heterocaryum* ցեղերը ծաղկեփոշու կառուցվածքով միանգամայն տարրերվում են միմյանցից։ Այս փաստը մինչ այժմ եղած մյուս տվյալների հետ միասին որոշակիորեն խոսում է *Heterocaryum* ցեղի ինքնուրույնության օգտին։

Աշխատանքում արվում են հետևություններ նաև փոշեհատիկների զարգացման տվյալ ուղղության մասին, որն օգնում է հասկանալու ցեղի ֆիլոգենետիկ կապերը։

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱՎԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ М. Г. Попов, Сем. Boraginaceae. Фл. СССР, 19, М.—Л., 1953. ² М. Г. Попов, Бот. мат. фл. Кавк., 4, 2, 167, 1913. ³ Е. М. Аветисян, Морфология микроспор бурачниковых, Тр. Бот. ин-та АН АрмССР, 10, 7, 1956. ⁴ Е. М. Аветисян, Упрощенный

цетологический метод обработки пыльцы, Бот. журн. 35, 4, 385, 1950. ⁵ De Kandolle, Prodrornus, X, 144, 1846. ⁶ M. Gürke, in Engler und Prantl, Die Natürlichen Pflanzenfamilien, 4, 3a, 106, 1827. ⁷ E. Bolssier, „Flora Orientalis, 4, 247, 1879. ⁸ O. Kuntze, Tr. Бот. сада, XXVI, 1887. ⁹ В. И. Липский, Tr. Бот. сада, 26, 1910. ¹⁰ Н. Н. Кузнецов, Мат. Фл. Кавк., 4, 2, 167, 1913. ¹¹ Ю. Н. Воронов, Schedae ad Herb. Fl. Cauc., N 181. ¹² A. B. Brand, In Engler Pflanzenreich, 4, 252, 1931. ¹³ C. F. Ledebour, Flora Rossica, III, 162, 1847—1849. ¹⁴ А. А. Гроссгейм, Определитель Фл. Кавк., 286, М., 1949. ¹⁵ К. З. Закиров, Материалы к флоре Зеравшана, сем. бурачниковых, Tr. Узбек. гос. Ун-та, нов., сер. № 28, 15, 2, 6.

ФИЗИОЛОГИЯ

С. К. Карапетян, академик АН Армянской ССР, В. А. Варданян и Р. Г. Баласанян

Действие однократного рентгеновского облучения малыми
и средними дозами на репродуктивную функцию домашней птицы

(Представлено 21. X 1959)

В настоящее время проблеме высокой биологической активности ионизирующей радиации в отношении организма человека и животных придается особое значение ⁽¹⁾.

В этом направлении в последние годы изучались в основном сдвиги в гематологических ⁽²⁾ и биохимических показателях крови ^(2,3), а также в обменных процессах отдельных органов ⁽⁴⁾ и животных организмов ⁽³⁾. Однако влияние ионизирующей радиации на репродуктивные функции с/х животных и птиц, представляющее несомненный практический и теоретический интерес, изучено крайне недостаточно.

Интересно, что облучение людей вызывает снижение способности к воспроизведению потомства, а также может привести человека к постоянной стерильности ⁽³⁾.

В. И. Рябов ⁽⁵⁾ на основании своих опытов считает, что от овец, перенесших лучевую болезнь, а также облученных лучами рентгена в последние дни беременности, получается нормальное потомство. На наш взгляд следует более детально изучить полученное потомство от облученных животных, в частности их репродуктивные функции.

Дж. Л. Тулис и сотрудники ⁽⁶⁾ при общем облучении свиней гамма радиацией, эквивалентной 700 рентген, наблюдали глубокие патологические изменения во всех органах животных; уже на второй день после облучения в семенниках отмечалось отсутствие сперматогонии.

П. Дисейф ⁽⁷⁾, изучая восстановление примордиальных фолликул облученных яичников кроликов, находит, что при однократной дозе в 2500 рентген фолликулярный аппарат этого органа полностью и окончательно разрушается, а при дозе в 1050 рентген наблюдается восстановление фолликулов яичника. Автор придает более важное значение облучениям дробными дозами, при которых имеет место значительное повышение чувствительности примордиальных фолликул к ионизирующим лучам в последующие дни после первого облучения.

Х. и М. Лагендорфы (⁸) придают особое значение влиянию малых доз радиации на репродуктивные функции самок белых мышей; они отметили, что даже в случае, когда сумма дробных доз облучений показывала высокие цифры, репродуктивная функция подопытных животных не понижалась.

Приведенный краткий литературный обзор показывает, что глубина вызванных нарушений воздействием ионизирующей радиации на репродуктивные органы и их функциональное состояние находится в зависимости от вида животного, а также от способа и дозы облучения. В литературе имеются отдельные сообщения о стимулирующем действии ионизирующих лучей при использовании малых доз — порядка тысячных долей рентгена. Так, в сообщении И. А. Самолетова, И. Г. Костина и М. Г. Салганника (⁹) приводятся данные о стимулирующем действии радиоактивных излучений на развитие куриного эмбриона при инкубации. В исследованиях указанных авторов наиболее эффективным оказались „большие“ дозы облучения (0,0003 рентгена в минуту) при семикратном облучении с равными промежутками в три дня и экспозицией в 5 минут. Количество нормально развивающихся эмбрионов (вывод здоровых цыплят) при облучении составило 95 %, тогда как в контроле (без облучения) процент вывода составил 87,2 %.

А. Смит, Т. Хедж, Л. Джулиан и Д. Редмонд (¹⁰) провели опыт с половозрелыми курами, предварительно изучив их яйценоскость. Авторы оперативным путем обнажали яйцевод и облучали его разными дозами рентгеновских лучей, после чего птиц возвращали в прежние условия. Через 2—3 недели у кур возобновлялась яйцекладка. При облучении малыми и большими дозами продуктивность снижалась, а при средних дозах она увеличивалась в двадцати пяти процентах случаев.

Предпринимая исследования, мы исходили из предположения о возможности физиологической стимуляции воспроизводительной функции птицы при общем облучении соответствующими дозами ионизирующей радиации, с учетом возрастных и биологических особенностей птицы.

Опыты проводились на курах русской белой породы. В опыт были включены 12 птиц, распределяющихся по возрасту на две группы.

I группа — неполовозрелые:

- а) 10. IV 1958 г. вывода — 3 птицы (из них один петушок),
- б) 20. II 1958 г. вывода — 3 птицы.

II группа — половозрелые, старше одного года — несущиеся куры (6 голов).

К каждой возрастной группе было выделено соответствующее количество контрольных птиц-аналогов.

Облучение проводилось при помощи рентгеновского аппарата, точность и исправность которого предварительно была проверена дозиметристом. Дозы в 4,12 и 20 рентген условно обозначаются нами как „малые“, а дозы в 100, 300, 500 рентген — как „средние“.

Однократное облучение в 4 рентг. получили две неполовозрелые курочки и одна половозрелая курица. В таком же соотношении получили однократное облучение в 12 и 20 рентг. остальные птицы из группы неполовозрелых и 2 птицы из группы половозрелых. Таким образом, каждая из трех птиц группы неполовозрелых и каждая из трех, облученных малыми дозами, половозрелых птиц получили соответственно однократное облучение в 4, 12 и 20 рентг. Остальные 3 половозрелые птицы были однократно облучены „средними“ дозами, каждая соответственно в 100, 300 и 500 рентг.

Схема описанного способа облучения приводится в сводной таблице.

Контрольные и облученные птицы содержались в одинаковых условиях кормления и содержания.

Непосредственно после облучения, независимо от возраста и пола птицы, в их общем состоянии каких-либо клинических изменений не отмечалось.

Из первой группы (подгруппа а) неполовозрелых птиц, как показывает таблица, облученных однократно малыми дозами в возрасте 2 месяцев и одной недели, отложили первое яйцо со значительным опозданием против нормы. Так, птица № 7471, получившая однократно 4 рентг., снесла первое яйцо 12. XII 1958 г., т. е. в возрасте 8 месяцев, вторая птица из этой же группы за № 7473, получившая однократно 12 рентг., отложила первое яйцо 24. III 1959 г., т. е. в возрасте 11 месяцев и 2 недель.

Контрольные птицы к этой группе за №№ 8130 и 8134 снесли первое яйцо в нормальный срок, т. е. в возрасте шести месяцев.

Результаты более длительных наблюдений показали, что хотя и у облученных „малыми“ дозами неполовозрелых птиц начало воспроизводительной функции заметно задерживается, однако она не выпадает; более того, примерно с годовалого возраста их яйценоскость достигает достаточно высокого уровня. Так, курица № 7473, получившая однократно 12 рентг. в сентябре, т. е. в возрасте 17 месяцев, снесла 20 яиц, та же курица за последние шесть месяцев опытного периода — с I. IV по I. X 1959 г. снесла 62 яйца, тогда как две одновозрастные контрольные курочки — аналоги (№ 8130, 8134) снесли в среднем по 38 яиц, из них первая 34, а вторая 42 яйца.

Наблюдение за петушком (№ 7420), получившим однократно 20 рентг., показало, что половая функция у него наступила в нормальный срок и каких-либо нарушений отмечено не было. В настоящее время продолжается изучение потомства от нормальных кур, спарившихся с облученным петухом.

Птицы второй группы (подгруппа б, находящиеся накануне наступления половозрелости), облученные малыми дозами в возрасте 4 месяцев и 2 недель, как показывает таблица (птицы №№ 7419 и 7420), получившие первая 12 рентг., вторая — 20 рентг., отложили первое яйцо в нормальный срок — в возрасте 6 месяцев. Птица № 7418, облу-

ченная однократно дозой в 4 рентг., пала через 10 месяцев после облучения в возрасте 14 месяцев, не отложив ни одного яйца. Из этой группы пала также птица № 7420 через 6 месяцев и одну неделю после облучения, за период яйценоскости отложив 11 яиц. За этот же промежуток времени контрольные птицы №№ 7408, 7405 и 7401 снесли по 7 яиц.

Дальнейшие наблюдения показали, что несушка № 7419 из этой группы, получившая однократно 12 рентг. за последние 6 месяцев опытного периода, снесла 80 яиц, тогда как соответствующие контрольные птицы за это же время снесли значительно меньше, в среднем по 52 яйца.

Наконец, наблюдения над группой половозрелых птиц показали, что птицы, получившие малые дозы облучения в 4, 12 и 20 рентг., яйценоскость прекратили на 3—24 дня, после чего нормальная функция яичников продолжалась. За опытный период птица № 7485 снесла 88 яиц, а птица № 7494 — 98 яиц, тогда как из контрольных кур соответствующего возраста самая высокая цифра не превысила за тот же период 77 яиц. Курица № 1001 после облучения (20 рентг.) за 25 дней снесла 6 яиц и пала 26. VIII 1958 г. от перитонита. Разница в уровне продуктивности облученных и необлученных птиц особенно наглядно проявилась в последние 6 месяцев опытного периода. За это время, как показывает таблица, курица № 7485, получившая 4 рентг., снесла 80 яиц, а курица № 7494 — 78 яиц, в том числе первая в апреле и августе — по 17 яиц, а вторая в июле 22 яйца. Контрольные к этой группе курицы за тот же период снесли в среднем по 30 яиц. Курица № 8417, получившая дозу в 100 рентг., после облучения прекратила откладывание яиц в течение июля. За август она отложила всего 4 яйца, а затем прекратила яйценоскость в течение семи месяцев. Однако после восстановления яйценоскости она достигла достаточно высокого уровня — до 12 — 15 яиц в месяц.

Курица № 3342, получившая однократно 300 рентг., отложила наполовину меньше яиц в первом месяце после облучения, а в последние 2 месяца яйценоскость восстановилась и достигла дооперационного уровня. Однако, начиная с октября, яйцекладка вновь прекратилась и восстановилась лишь с марта, достигнув нормального уровня.

Птица № 7488, получившая однократно 500 рентг., после облучения хотя и сильно сократила яйценоскость, но полностью не прекратила, и за последние 6 месяцев опытного периода снесла 53 яйца.

В последующие два месяца яйценоскость восстановилась и достигла периода до облучения, но вновь прекратилась и восстановилась спустя шесть месяцев, достигнув при этом достаточно высокого уровня.

Наглядную картину показывает сравнение продуктивности облученных и необлученных взрослых кур-несушек в последний период опыта — с I. IV по I. X 1959 г. За это время курица № 8417, получившая 100 рентг., снесла 39 яиц, курица № 3342, получившая 300 рентген, снесла 40 яиц, а курица № 7488, получившая 500 рентген — 53 яйца.

Сводная таблица о результатах изучения влияния ионизирующей радиации на репродуктивную функцию птиц

№ птицы	Дата вывода	Пол	Возраст к моменту облучения	Дата облу- чения	Доза в рентгенах	Яйценоскость до об- лучения за 1958 г.				Дата откладывания первого яйца облу- ченными и контроль- ными молодками	Возраст откладывания первого яйца молод- ками	Длительность перерыва в яйцекладке от момен- та облучения до откла- дывания первого яйца	Яйценоскость за последние 6 ме- сяцев опыта — 1959 г.						Всего за 6 месяц.
						IV	V	VI	всего за 3 месяца				IV	V	VI	VII	VIII	IX	
7471	10. IV 58 г.	♀	2 мес. 1 нед.	7. VII 58	4	—	—	—	—	12. XII 58	8 мес.	—	14	9	2	—	пала 11. VIII	—	25
7473	"	♀	"	"	12	—	—	—	—	24. III 59	11 мес. 2 нед.	—	8	10	5	9	9	20	61
7472	"	♀	"	"	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8130	17. V 58 г.	♀	контроль	—	—	—	—	—	—	1. XI 58	6 мес.	—	7	16	7	4	0	—	34
8134	"	♀	"	—	—	—	—	—	—	11. XI 58	6 мес.	—	5	14	9	5	5	—	38
7418	20. II 58 г.	♀	4 мес. 2 нед.	7. VII	4	—	—	—	—	—	—	—	пала 21. IV 59	—	—	—	—	—	—
7419	"	♀	"	"	12	—	—	—	—	18. III 58	6 мес.	—	15	17	10	11	14	9	76
7420	"	♀	"	"	20	—	—	—	—	19. VIII—58	6 мес.	—	пала 28. XII 58	—	—	—	—	—	—
7408	"	♀	контроль	"	—	—	—	—	—	3. IX 58	6 мес.	—	11	15	2	6	6	—	40
7404	"	♀	"	—	—	—	—	—	—	10. VIII 58	6 мес.	—	11	13	5	17	5	—	51
7401	"	♀	"	—	—	—	—	—	—	1. IX 58	6 мес.	—	12	15	6	19	11	2	65
7485	19. II 57 г.	♀	1 год 4,5 мес.	7. VII	4	—	2	6	8	—	—	18 дней	10	17	7	16	17	13	80
7494	"	♀	"	"	12	—	4	8	12	—	—	3 дня	12	14	6	22	17	7	78
1001	"	♀	"	"	20	3	—	3	6	—	—	24 дня	пала 26. VIII 58	—	—	—	—	—	—
8417	"	♀	"	"	100	2	2	5	9	—	—	28 дней	12	15	3	8	1	—	39
3342	"	♀	"	"	300	—	—	8	8	—	—	18 дней	10	10	4	10	0	6	40
7488	"	♀	"	"	500	—	—	6	6	—	—	31 день	8	9	5	11	9	11	53
7497	"	♀	контроль	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	14	4	11	1	3	45
7480	"	♀	"	—	—	—	2	5	7	—	—	—	2	—	—	14	8	8	32
3089	"	♀	"	—	—	—	1	4	5	—	—	—	1	5	2	4	—	4	16
3085	"	♀	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	2	3	8	2	—	21

Аналоги в контрольной группе за этот же период дали в среднем по 30 яиц.

Подробные данные приводятся в таблице.

Полученные данные позволят сделать некоторые предварительные выводы.

1. У неполовозрелых курочек в возрасте 86 дней, подвергшихся однократному облучению дозами в 4 и 12 рентг., наступление половозрелости и начала яйцекладки задерживается на 60 — 175 дней.

2. При облучении молодых курочек перед наступлением половозрелости (в 4,5-месячном возрасте) дозами в 12 и 20 рентг. нарушений в нормальных сроках наступления половозрелости и начала яйцекладки не наблюдается. Она протекает нормально, и ко второй половине первого года яйцекладка достигает достаточно высокого уровня.

3. При облучении взрослых несущихся кур дозой в 4, 12 и 20 рентг. перерыв в яйцекладке после облучения наблюдается в течение 3—24 дней. Во второй половине года яйценоскость достигает высокого уровня, а в отдельные месяцы она доходит до 22-х яиц, значительно превышая уровень продуктивности контрольных кур. Облучение дозой в 20 рентг. вызвало прекращение яйценоскости сразу же после облучения и восстановилось спустя 24 дня.

4. У кур, получавших дозы 100, 300 и 500 рентг., после облучения в яйцекладке наступает перерыв в течение 18—31 дня; затем она восстанавливается на 1—2 месяца, достигая почти нормального уровня. После этого в яйцекладке наступает длительный перерыв (6—7 месяцев), по истечении которого вновь восстанавливается и достигает нормального уровня.

Обращает на себя внимание, что обе неполовозрелые курочки, получавшие однократное облучение в 4 рентг., пали, одна через 10 месяцев, а другая через 14 месяцев после облучения. Причем одна из них, павшая в возрасте 14 месяцев, не снесла ни одного яйца.

Полученные данные дают основание предполагать, что определенные дозы ионизирующей радиации могут вызывать физиологическую стимуляцию животного организма и повышение его продуктивности.

Исследования в этом направлении в нашей лаборатории продолжаются.

Институт физиологии
Академии наук Армянской ССР

Ս. Վ. ՎԱՐՄԵՏՅԱՆ, Վ. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ ԵՎ Ռ. Գ. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ

ՌԵՆՏԳԵՆԿԱՆ ԵՄՈՒՄԻՆԻՆԵՐԻ ԴՐՋԻՆ ԵՎ ՓՈՒՐ ԴՈՂԱՆԵՐԻ ՆԵՐՂՈՐԾՈՒՄՆԵՐ
ՏՆԱԿԻՆ ՔՈՂՈՆՆԵՐԻ ՎԵՐԱԴՆԱԳՐԱԿԱՆ ԴՈՒՆԿՅՈՒՄԻ ՎՐԱ

Ծարդու և կենդանիների օրգանիզմի նկատմամբ իոնադեղ սաղիացիայի բիոլոգի-
կան բարձր ազդեցության ուղղորդված ներկայումս հատուկ ուշադրություն է դարձվում

Ուսումնասիրություններն այդ ուղղությամբ ԳԼՖ ֆիզիոլոգիայի ինստիտուտի գյուղատնտեսական կենդանիների ֆիզիոլոգիայի սեկտորում շարունակվում են:

Այդ ուղղությամբ վերջին տարիներս կատարվող հետազոտություններում հիմնականում ուսումնասիրվում են իոնացնող ռադիացիայի ներգործության տակ կենդանի օրգանիզմում տեղի ունեցող հեմատոլոգիական (2) և բիոքիմիական (2, 3) տեղաշարժերը, ինչպես նաև նյութափոխանակության պրոցեսներում առաջացող տեղաշարժերը (3, 4):

Սակայն չափազանց քիչ է ուսումնասիրված իոնացնող ռադիացիայի ազդեցությունը գյուղատնտեսական կենդանիների և թռչունների վերարտադրական ֆունկցիայի վրա: Որը բացառիկ կարևոր նշանակութուն ունի: Հայտնի է, որ իոնացնող ռադիացիայի ազդեցության տակ թուլանում է սերունդ վերարտադրելու ունակութունը, մարդը կարող է նաև բոլորովին զրկվել վերարտադրելու ունակութունից (3):

Այդ ուղղությամբ հետաքրքիր հետազոտություններ են կատարվել ոչխարների (5), խոզերի (6), ճագարների (7) և սպիտակ մկների (8) վրա: Այդ հետազոտությունների տվյալները ցույց են տալիս, որ ճառագայթման ներգործության խորությունը վերարտադրական օրգանների վրա պայմանավորված է կենդանու տեսակային առանձնահատկությամբ, ինչպես նաև ճառագայթման եղանակից և ուժից (դոզայից): Միաժամանակ զրականության մեջ կան առանձին հաղորդումներ այն մասին, որ իոնացնող ճառագայթները կարող են խթանիչ դեր խաղալ, եթե նրանք օգտագործվում են փոքր դոզաներով, — «ենտգենի մեկ հազարերորդական մասը կազմող»: Նկատված է, օրինակ, որ 0,0003 ունտգենի վայրկյան ներգործությունը բարենպաստ ազդեցություն է գործում հավի սաղմի զարգացման վրա ինկուբացիայի ժամանակ (9): Մմիթի և մյուսների փորձերում (10) նկատվել է հավերի ձվատվության ավելացում այն դեպքերում, երբ օգտագործվել են ճառագայթման միջին դոզաներ, իսկ մեծ կամ փոքր դոզաներով ճառագայթելիս նկատվել է ձվարանի ֆունկցիայի թուլացում:

Ներկա հոգվածում հեղինակները բերում են իրենց ուսումնասիրությունների արդյունքները, որոնք սկսվել են 1958 թ. փորձերը ղրվել են ռուսական սպիտակ ցեղի հավերի վրա, որոնք բաժանված են եղել երկու խմբի: Մի խմբում գտնվել են ղևահաս 2—4,5 ամսական մատղաշներ, իսկ մյուս խմբում լրիվ զարգացած ածանցներ: Յուրաքանչյուր փորձնական խումբ ունեցել է իր առաջին խումբը, որը բաղկացած է եղել համապատասխան անալոգներից:

Փորձերի ժամանակ ուսումնասիրվել են ճառագայթման տարբեր դոզաներ—4, 12, 20, 100, 300 և 500 ունտգեն: ճառագայթումը կատարվել է ունտգենյան ապարատի միջոցով, որի ճշտությունը նախօրոք ստուգվել է ղղիմետրիատի կողմից:

Ստացված արդյունքների հիման վրա հեղինակները անում են հետևյալ նախնական եզրակացությունները:

1. Սեռական հասունության չհասած—56 օրական մատղաշները, որոնք ենթարկվել են ճառագայթման 4 և 12 ունտգենի դոզայով 60—175 օրով ավելի ուշ են սկսել ձվարկումը, այլ կերպ ասած խիստ ձգձգվել է նրանց սեռական հասունության նորմալ ժամկետը:

2. Սեռական հասունության նախօրյակին գտնվող (4,5 ամսական հասակում) մատղաշներին 12 և 20 ունտգեն դոզայով ճառագայթելու դեպքում սեռական հասունացման ժամկետների խախտում չի նկատվում, ձվարկումն սկսվում է նորմալ ժամկետներում և տարվա երկրորդ կեսին հասնում է բավականաչափ բարձր մակարդակի, զգալիորեն գերազանցելով կոնտրոլ խմբի ձվատվության մակարդակը:

3. 4, 12 և 20 ունտգեն դոզայով հասակավոր ածանցներին ճառագայթումը ձվարկման մեջ բնորոշում առաջացրեց 3—24 օր:

4. 100, 300 և 500 ունտգեն դոզա ստացած ածանցների ձվատվությունը 18—31 օրվա բնորոշումից հետո ոչ միայն վերականգնվում է, այլև զգալիորեն գերազանցում է «տուգիչ խմբի ածանցների ձվատվության մակարդակը»:

Ստացված տվյալները հիմք են տալիս ենթադրելու, որ իոնացնող ռադիացիայի «բոլակի» դոզաները կարող են առաջացնել օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական խթանում և նպաստել կենդանիների մթերատվության բարձրացմանը:

Ուսումնասիրություններ այդ ուղղությամբ շարունակվում են:

¹ Е. А. Гревский, Успехи совр. биологии, 1954, 37, № 2, 1958. ² Е. А. Абагурова, Г. Н. Ельпатовская, Н. К. Свиридов, А. В. Шубина, Действие ионизирующих излучений на животный организм. Тезисы докладов научной конференции. Государственное медицинское издательство УССР, Киев, 1958. ³ Н. Ф. Липкан, Элементы радиационной биохимии, Госмедиздат УССР, 1958. ⁴ Н. Н. Блохин и сотр., Вопросы радиобиологии, под ред. проф. М. Н. Побединского и проф. П. К. Киселева, Медгиз, 1956. ⁵ В. И. Рябов, Биологическое действие лучей рентгена на физиологические направления организма овец. Автореферат диссертации. М., 1959. ⁶ Дж. Л. Тулис и др. Amer. Jour. Pathol. 31 (1): 41—71, 1955. ⁷ П. Дусейф, Restoration of primordial follicles in the irradiated ovary. Advances in Radiobiology. p. 274—280. Stockholm, 1956. ⁸ Х. и М. Ланнендорфы, The effect of repeated small doses on the fertility of the white mouse. Там же, p. 257—260. ⁹ И. А. Самолетов, И. Г. Костин, М. Г. Салганик, „Птицеводство“, № 11, 1958, стр. 23—26. ¹⁰ А. Смит, Л. Джулиан, Д. Редмонд, Poult. Sci 35:539, 1956.

ФИЗИОЛОГИЯ

Л. С. Гамбарян

Электрофизиологическое обоснование „дополнительных“
путей проприоцептивной сигнализации

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 8 I. 1960)

Морфо-физиологические исследования, проведенные в аспекте изучения функциональной и анатомической структуры условных двигательных рефлексов, позволили нам (^{1,2}) прийти к заключению, что помимо известных путей проприоцептивной сигнализации (задние столбы) в спинном мозгу существуют и другие, „дополнительные“ пути проведения афферентной сигнализации от мышечно-суставного аппарата.

В целях электрофизиологического обоснования этого заключения, нами в лаборатории П. К. Анохина было проведено настоящее исследование, в задачу которого входило изучение интраспинальных путей проприоцептивной сигнализации методом вызванных потенциалов (evoked potentials).

Работа проводилась на 15 собаках различного возраста (11 щенят в возрасте 5—7 месяцев и 4 собаки в возрасте 2—3 лет). У опытных животных под нембуталовым наркозом (40 мг/кг) вскрывалась область сигмовидной извилины одного или обоих полушарий головного мозга, затем в области нижних грудных сегментов открывался доступ к спинному мозгу и на протяжении 3—3,5 см отслаивалась ткань задних столбов. Отсепарованная и отрезанная в каудальном конце ткань приподнималась и накладывалась на подвесные серебряные электроды. Путем электрического раздражения задних столбов, изолированных описанным способом, и регистрации вызванных потенциалов отыскивался в коре головного мозга фокус максимального биоэлектрического ответа; затем на различных уровнях спинного мозга выше участка раздражения перерезались задние столбы и изучались последствия операции на вызванные в коре потенциалы.

В качестве электрораздражения применялся одиночный импульс электрического тока прямоугольной формы, получаемый от электронного стимулятора. Вызванные в коре биоэлектрические ответы отводились монополярным способом.

При регистрации вызванных потенциалов применялась ждущая развертка катодного луча осциллографа ЭНО—1, синхронизированная с электронным стимулятором.

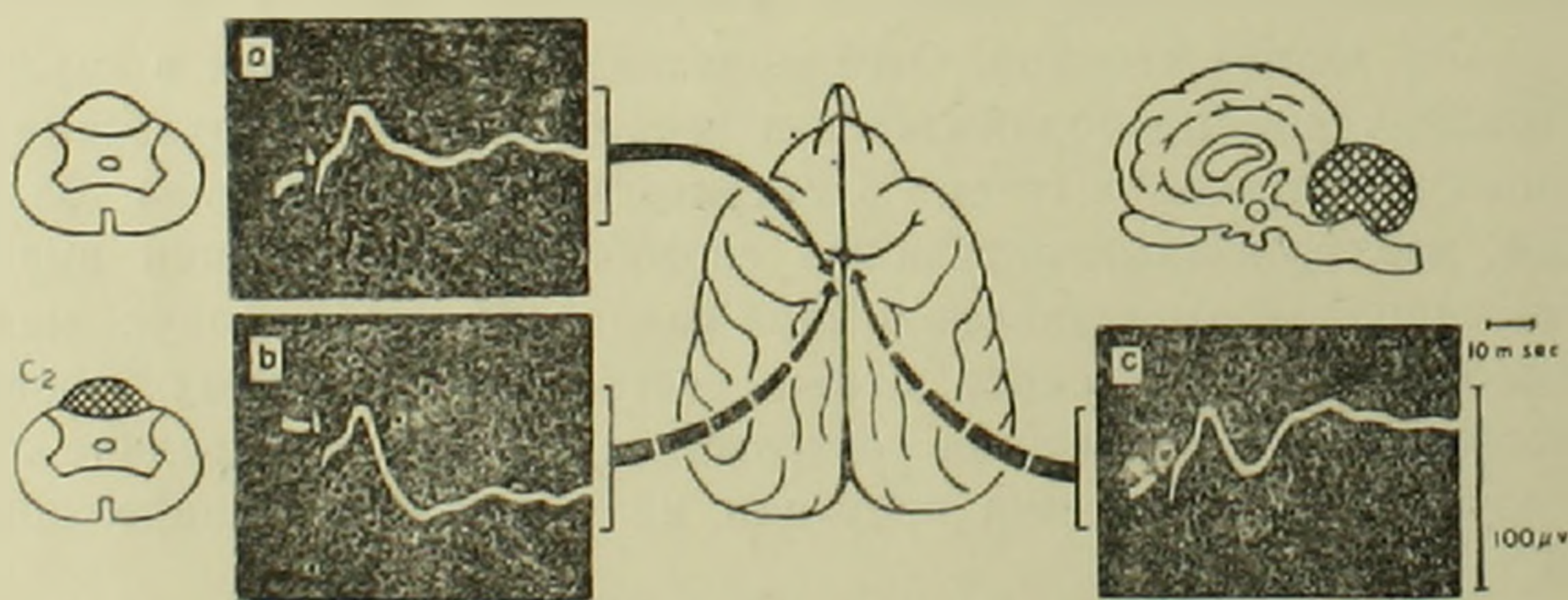
Опыты показали, что при раздражении задних столбов спинного мозга электрическим током (напряжение 1,5—2,5 V, длительность действия 1 мсек), выраженный кортикальный ответ в виде положительного колебания потенциала регистрируется в верхней части задней сигмовидной извилины. Более того, было обнаружено, что вызванные потенциалы могли быть зарегистрированы как в левом полушарии, так и в правом. На характер вызванного ответа оказывали влияние как величина и продолжительность электрораздражения, так и состояние раздражаемой спинномозговой ткани.

После фотодокументации вызванных потенциалов у „интактных“ животных, мы производили перерезку задних столбов в области шейных или верхних грудных сегментов спинного мозга.

Опыты показали, что несмотря на острую перерезку задних столбов уже через 2—5 минут после этого в ответ на электростимуляцию в коре головного мозга появились характерные биоэлектрические ответы.

В другой серии опытов вызванные потенциалы изучались после того, как у животных за 2—3 недели до этого в стерильных условиях были перерезаны задние столбы. Опыты и в этом случае показали, что в ответ на раздражение задних столбов ниже области операции, в коре головного мозга регистрируются четкие вызванные потенциалы.

Результаты обеих серий экспериментов говорили о том, что импульсы от электрораздражения достигали корковых нервных клеток и через другие интраспинальные пути, т. е. пути, лежащие вне задних столбов. Можно было предполагать, что такими путями являлись спинно-мозжечковые тракты. Однако в специальном опыте мы могли убедиться, что полная экстирпация мозжечка и последующая перерезка задних столбов не препятствовали появлению в коре вызванных потенциалов (фиг. 1).



Фиг. 1. Щенок. Возраст 6 месяцев. Перед началом опыта у животного полностью удален мозжечок. Раздражаются задние столбы в области Th_{11} — Th_{12} . *a* — вызванный потенциал до перерезки задних столбов; *b*, *c* — вызванные потенциалы после перерезки задних столбов в области C_2 . Стрелки указывают на точки отведения вызванных потенциал. Отклонение кривой фотозаписи вверх соответствует положительному колебанию потенциала.

Приведенные данные, проверенные морфологическим контролем, подтверждают выдвинутое нами положение о существовании дополнительных путей проприоцептивной сигнализации, представленных в боковых и передних столбах спинного мозга (^{1,2}).

Кафедра нормальной физиологии
1-го Московского медицинского института
им. И. М. Сеченова

Լ. Ս. ՂԱՄԲԱՐՅԱՆ

**Պրոպրիոցեպտիվ ազդանշանն «լրացուցիչ» ուղիների
էլեկտրաֆիզիոլոգիական հիմնավորումը**

Հրահրված պոտենցիալների (evoked potentials) մեթոդով, որոնք գուցեորդված են ողնուղեղի հաղորդիչ սիստեմների սույր և խրոնիկ կտրվածքների հետ, ուսումնասիրվել են պրոպրիոցեպտիվ ազդանշանն ինտրասպինալ ուղիները:

Էլեկտրաֆիզիոլոգիական հետազոտությունները, որոնք կատարված են տարբեր հասակի շների վրա, ցույց են տալիս, որ ողնուղեղի հետին սյուների կտրվածքը չի խանգարում որպեսզի մկանահոդային ապարատից եկող իմպուլսները հաղորդվեն զլխուղեղին: Ողնուղեղի միայն մեկ վերնորոշատերալ մասի մի վնաս լինելը բավական է, որպեսզի պերիֆերիկ ներվների (մկանային և խառու) գրգռման իմպուլսները հասնեն զլխուղեղի մեծ կիսագնդերին: Փորձերի արդյունքները հաստատում են հեղինակի տեսակետը այն մասին, որ բացի հետին սյուներից ողնուղեղում գոյություն ունեն պրոպրիոցեպտիվ ազդանշանն ալ «լրացուցիչ» ուղիներ, որոնք գտնվում են ողնուղեղի կողմնային և առջևի բաժիններում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Л. С. Гамбарян, Архив патологии, № 6 (1958). - Л. С. Гамбарян, О функциональной и анатомической структуре условного двигательного рефлекса, Ереван, 1959.

