

1967.



საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე



524

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

71



BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR



XLVI, № 1

აკრილი 1967 აპრელი

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა გ ე ე



СООБЩЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР



BULLETIN  
OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR



XLVI

1967

10.358.

### ს ა რ ე ლ ა კ ტ ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

ვ. ანდრონიკაშვილი, ა. ბოჭორიშვილი, ი. გიგინეიშვილი (მთ. რედაქტორის  
მოადგილე), ლ. დავითაშვილი, რ. დვალი (მთავარი რედაქტორი),  
ნ. კეცხოველი, ვ. მაბალდიანი, ნ. მუსხელიშვილი, რ. შადური  
(მთ. რედაქტორის მოადგილე), გ. ციციშვილი, გ. წერეთელი,  
ა. წულუკიძე, ა. ჯახელიძე

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Э. Л. Андроникашвили, А. Т. Бочоришвили, И. М. Гигинейшвили  
(заместитель главного редактора), Л. Ш. Давиташвили, Р. Р. Двали  
(главный редактор), А. И. Джanelidze, Н. Н. Кецохели,  
В. В. Махалдiani, Н. И. Мухелишвили, Г. В. Церетели,  
Г. В. Цицишвили, А. П. Цулукидзе, Р. С. Шадури  
(заместитель главного редактора)

Г. Н. ТЕВЗАДЗЕ

ОБ УСЛОВИЯХ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ ОСНОВНЫХ УРАВНЕНИЙ  
 ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРОЕКТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 12.7.1965)

Условия интегрируемости основных уравнений нормализованной поверхности [1] трехмерного проективного пространства можно представить в виде [2]

$$\left. \begin{aligned} 1. f_i^n \partial_n x + e_i^n \partial_n y + \omega_n f_i^n x + \omega_n e_i^n y + H_i &= 0; \\ 2. Ay = T^n e_{nm} \nabla^m x + \overset{C}{(\nabla^m T^n + 2 T^n \omega^m)} e_{nm} x + M &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $b_{ij}, f_{ij}, e_{ij}$  — тройка невырожденных, взаимно аполярных сетей  $f_n^i b_j^n = e_j^i; f_n^i e_j^n = b_j^i; b_n^i e_j^n = f_j^i; b_n^i b_j^n = -\delta_j^i; f_n^i f_j^n = \delta_j^i; e_n^i e_j^n = \delta_j^i$ , (2)  $b_{ij}$  — асимптотическая сеть поверхности,  $H_i, M$  — некоторые известные величины,  $x, y$  — неизвестные скаляры,  $G_{ij}^n, \Gamma_{ij}^n$  — сопряженные связности, индуцируемые прямыми Грина сети  $f_{ij}$ ,  $\nabla_n$  — символ ковариантного

дифференцирования в связности  $G_{ij}^n$ , а  $\overset{c}{\nabla}_n$  — в средней связности  $S_{ij}^n = \frac{1}{2} (G_{ij}^n + \Gamma_{ij}^n)$ . Кроме того [2],

$$\omega_i = b_i^n \nabla^n b_{nm}; \quad 4 T_i = \Gamma_{ik}^k - G_{ik}^k; \quad A = -\nabla^n (T^m f_{mn}); \quad (3)$$

$$\overset{c}{\nabla}_n f_{ij} = \omega_n f_{ij}. \quad (4)$$

Тензорные индексы всюду принимают значения 1 и 2, а перебрашивание этих индексов совершается при помощи бивекторов  $\varepsilon_{ij}, \varepsilon^{ij}$ , согласованных с тензором  $b_{ij}$  ([1], стр. 34).

Как известно [1], средняя связность  $S_{ij}^k$  всегда является вейлево связностью и

$$S_{ij}^k = \left\{ \begin{matrix} k \\ ij \end{matrix} \right\}_b - \frac{1}{2} (\omega_i \delta_j^k + \omega_j \delta_i^k - b_{ij} \tilde{b}^{kn} \omega_n), \quad (5)$$

где  $\left\{ \begin{matrix} k \\ ij \end{matrix} \right\}_b$  обозначает символ Кристоффеля формы, соответствующий тензору  $b_{ij}$ .

Теперь из равенств (4), (5) следует, что

$$\overset{b}{\nabla}_n f_{ij} = \omega_n b_n^k e_{ij}, \quad (6)$$

где  $\nabla_n^b$  — символ ковариантного дифференцирования в римановой связности  $\left\{ \begin{smallmatrix} k \\ ij \end{smallmatrix} \right\}_b$ . Кроме того, замечая, что

$$\nabla_h^b b_{ij} = 0; \quad \nabla_h^b \varepsilon_{ij} = 0,$$

будем иметь, в силу (2) и (6),

$$\nabla_n^b e_{ij} = -\omega_k b_n^k f_{ij}; \quad \nabla_n^b f_i^n = \omega_n f_i^n; \quad \nabla_n^b e_i^n = \omega_n e_i^n. \quad (7)$$

Отметим, что из соотношении (6) и (7) сразу следуют равенства

$$f_i^b = e_i^b = -\frac{1}{2} \omega_i, \quad (8)$$

где  $f_i^b, e_i^b$  — чебышевские векторы сетей  $f_{ij}, e_{ij}$  в связности  $\left\{ \begin{smallmatrix} k \\ ij \end{smallmatrix} \right\}_b$  соответственно.

Согласно (7), первое уравнение из системы (1) можно представить в виде

$$\nabla_n^b g_i^n + H_i = 0 \quad (9)$$

или же в виде

$$\nabla_n^b h_i^n + H_n b_i^n = 0, \quad (10)$$

где введены неизвестные сопряженные тензоры

$$g_{ij} = x f_{ij} + y e_{ij}; \quad h_{ij} = g_{ik} b_j^k = x e_{ij} - y f_{ij}. \quad (11)$$

Кроме того, учитывая еще равенства [2]

$$B_{ij}^k = T_i \delta_j^k + T_j \delta_i^k + 2 T_r f^{rk} f_{ij} - T_r b^{kr} b_{ij};$$

$$e_{nm}^c \nabla^m T^n = \frac{1}{2} \nabla_m^b (B_{rs}^m e^{rs}) - \frac{1}{2} \omega_m B_{rs}^m e^{rs}; \quad (12)$$

$$T^m e_m^n = -\frac{1}{2} B_{ij}^n e^{ij}; \quad T^m f_m^i = \frac{1}{2} f^{rs} B_{rs}^i;$$

$$2 T^n \omega^m e_{nm} = B_{rs}^m e^{rs} \omega_m; \quad \nabla^i (T^m f_{mi}) = -\frac{1}{2} \nabla_i^b (B_{rs}^i f^{rs}),$$

представим всю систему (1) в виде

$$\nabla_n^b g_i^n + H_i = 0; \quad \nabla_m^b (g_{rs} D^{rsm}) + g_{rs} \nabla_m^b D^{rsm} + L = 0, \quad (13)$$

где

$$L = 4 M + 2 H_n b_i^n T^i; \quad D_{ijk} = b_{ks} B_{ij}^s. \quad (14)$$

В силу известной формулы ([1], стр. 417), из равенства (5) получается соотношение

$$\nabla_m^b B_{ij}^m = -(\partial_m \lg J + 2 \phi_m) B_{ij}^m, \quad (15)$$

в котором, исключая случай линейчатых поверхностей, можно предположить, что

$$2J = b^{rs} B_{rs}^m B_{em}^n = \text{const} \neq 0. \quad (16)$$

Теперь естественно рассмотреть нормирование Фубини тензора асимптотической сети поверхности  $b_{ij}$  и получим соотношение Фубини

$$\overset{0}{\nabla}_m B_{ij}^m = -2 \phi_m B_{ij}^m, \quad (17)$$

где  $\overset{0}{\nabla}_m$  обозначает ковариантное дифференцирование в связности  $\overset{0}{\mathcal{L}}_{ij}^r$ , определенной скобками Кристоффеля формы, соответствующей тензору  $b_{ij}$ , когда этот тензор нормирован в смысле Фубини.

Таким образом, систему (13) можно представить еще в виде

$$\overset{0}{\nabla}_m g_i^m + H_i = 0; \quad \overset{0}{\nabla}_m (g_{rs} \cdot D^{rsm}) - 2 \phi_m D^{mrs} g_{rs} + L = 0, \quad (18)$$

или же в виде

$$\overset{0}{\nabla}_m h_i^m + H_m b_i^m = 0; \quad \overset{0}{\nabla}_m (B_{rs}^m h^{rs}) - 2 \phi_m B_{rs}^m h^{rs} + L = 0, \quad (19)$$

где  $H_i$ ,  $L$  вычисляются по прежним формулам, только теперь следует в них учитывать нормирование Фубини тензора  $b_{ij}$ .

Заметим, что (как это следует из формул (3), (8), (12)) величины  $T_i$ ,  $\omega_i$ ,  $A$  зависят только от  $b_{ij}$ ,  $\delta_{ij}^k$ ,  $f_{ij}$ . Поэтому, обозначая через  $'f_i$ ,  $'\varphi_i$  чебышевские векторы первого и второго родов сети  $f_{ij}$  в случае произвольной нормализации поверхности, а через  $'T_i$ ,  $'\omega_i$  — значения величины  $T_i$ ,  $\omega_i$  в той же нормализации, будем иметь

$$'T_i + '\varphi_i - 'f_i = \frac{1}{2} f_{hi} B_{rs}^k f^{rs}; \quad '\omega_i - '\varphi_i - 'f_i = -2 \overset{b}{f}_i,$$

где первая из этих формул принадлежит А. П. Нордену ([1]).

Таким образом,

$$\begin{aligned} 'f_i &= \frac{1}{2} '\omega_i + \frac{1}{2} 'T_i + \overset{b}{f}_i - \frac{1}{4} f_{hi} B_{rs}^k f^{rs}; \\ '\varphi_i &= \frac{1}{2} '\omega_i - \frac{1}{2} 'T_i + \overset{b}{f}_i + \frac{1}{4} f_{hi} B_{rs}^k f^{rs}. \end{aligned} \quad (20)$$

Кроме того, обозначая через  $'G_{ij}^n$ ,  $'\Gamma_{ij}^n$  значение величин  $G_{ij}^n$ ,  $\Gamma_{ij}^n$  при произвольной нормализации поверхности, будем иметь ([1])

$$\begin{aligned} 'G_{ij}^n &= G_{ij}^n - 'f_i \delta_j^n - 'f_j \delta_i^n + b_{ij} b^{nm} '\varphi_m; \\ '\Gamma_{ij}^n &= \Gamma_{ij}^n - '\varphi_i \delta_j^n - '\varphi_j \delta_i^n + b_{ij} b^{nm} 'f_m, \end{aligned} \quad (21)$$

где величины  $G_{ij}^n$ ,  $\Gamma_{ij}^n$  имеют значения

$$G_{ij}^n = \left\{ \begin{matrix} n \\ ij \end{matrix} \right\}_b - \left( T_i + \frac{1}{2} \omega_i \right) \delta_j^n - \left( T_j + \frac{1}{2} \omega_j \right) \delta_i^n + \frac{1}{2} b_{ij} b^{nk} \omega_k - T_r f^{rn} f_{ij}; \quad (22)$$

$$\tilde{G}_{ij}^n = \left\{ \begin{matrix} n \\ ij \end{matrix} \right\}_b + \left( T_i - \frac{1}{2} \omega_i \right) \delta_j^n + \left( T_j - \frac{1}{2} \omega_j \right) \delta_i^n + \frac{1}{2} b_{ij} b^{nk} \omega_k + T_r f^{rn} f_{ij}$$

и поэтому зависят только от  $b_{ij}$ ,  $e_{ij}$ ,  $f_{ij}$ . Следовательно, по этим формулам произвольная пара сопряженных аффинных связностей поверхности выражается через  $b_{ij}$ ,  $f_{ij}$ ,  $T_i$  и  $\omega_i$ .

В общем случае из системы (18) можно исключить неизвестный тензор. С этой целью преобразуем ее к новому виду, полагая, что

$$B_{ij}^m h^{ij} = \zeta^m, \quad (23)$$

где  $\zeta^m$  — новый искомый вектор, а  $B_{ij}^m$  — тензор Сегре [1], для которого, как это проверяется непосредственно, имеет место тождество

$$B_{ij}^m B_{mh}^s = \frac{1}{2} J (b_i^s \epsilon_{kj} + b_j^s \epsilon_{ki} + b_{ij} \delta_k^s); \quad 2J = b^{rs} B_{nr}^m B_{ms}^n. \quad (24)$$

Из соотношений (23), (24) следует, что

$$g_{ij} = -\frac{1}{J} B_{ij}^m \zeta_m. \quad (25)$$

Теперь (предполагая, что в нормализации Фубини  $J=1$ ) систему (18) можно представить в виде следующих трех уравнений:

$$\begin{aligned} e_n^m \nabla_n \zeta^m &= 2 \psi_n e_n^m \zeta^m + H_i B_{rs}^i f^{rs}; & f_n^m \nabla_n \zeta^m &= 2 \psi_n f_n^m \zeta^m - H_i B_{rs}^i e^{rs}; \\ \nabla_n \zeta^n &= 2 \psi_n \zeta^n - L^0 \end{aligned}$$

и, написав разложение

$$\nabla_n \zeta^m = \alpha b_n^m + \beta f_n^m + \gamma e_n^m + \delta \delta_n^m,$$

можно сразу подсчитать коэффициенты  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ . Таким образом,

$$\begin{aligned} \nabla_n \zeta^m &= \psi_n \zeta^r (e_r^k e_n^m + f_r^k f_n^m + \delta_r^k \delta_n^m) + \alpha b_n^m + A_n^m; \\ A_n^m &= \frac{1}{2} H_i B_{rs}^i (e_n^r f^{rs} - f_n^r e^{rs}) - \frac{L}{2} \delta_n^m, \end{aligned} \quad (26)$$

где  $\alpha$  — неизвестный коэффициент.

Систему (26) лучше записать в виде

$$\nabla_n \zeta^m = \psi_n \zeta^r (b_r^k b_n^m + 2 \delta_r^k \delta_n^m) + \alpha b_n^m + A_n^m$$

или же в виде

$$\nabla_n \zeta_m = \alpha b_{nm} + A_{nm}; \quad (\nabla_n \zeta_m = \partial_n \zeta_m - S_{mn}^r \zeta_r), \quad (27)$$

где  $\nabla_n$  обозначает ковариантное дифференцирование в связности, коэффициенты которой имеют вид

$$z_{rm}^r = z_{nm}^r + \psi_n \delta_m^r + \psi_m \delta_n^r - b_{nm} b^{rk} \psi_k - \varepsilon_{nm} \psi^r. \quad (28)$$

Тензор Риччи этой связности можно представить в виде

$$R_{im}^s = \frac{0}{2} b_{im}^k - \psi_i \psi_m - \nabla_i \psi_m + 2 \psi \varepsilon_{im}; \quad \psi = \nabla^n \psi_n, \quad (29)$$

где  $k$  — кривизна римановой связности  $z_{ij}^n$ , а  $\nabla_i$  обозначает ковариантное дифференцирование в связности, коэффициенты которой имеют вид

$$z_{mn}^k = z_{mn}^r + \psi_n \delta_m^r + \psi_m \delta_n^r - b_{nm} b^{rk} \psi_k. \quad (30)$$

Применяя теперь известную формулу тензорного анализа

$$\nabla^n \nabla_n \zeta_m = -R_{.m}^n \zeta_n - 2 \psi^n \nabla_n \zeta_m,$$

получаем из системы (27), что

$$\nabla_i \alpha = 3 \psi_i \alpha - R_{.m}^n b_i^m \zeta_n + a_i; \quad a_i = 2 \psi^n A_n^m b_{mi} - b_i^m \nabla^n A_{.mn}^s,$$

откуда

$$\sigma \psi \alpha = \zeta_n [3 \psi_i b^{mi} R_{.m}^n + \nabla^i (R_{.m}^n b_i^m)] + 6 \psi a;$$

$$6 \psi a = R_{nm}^s b^{mi} A_i^n - 3 \psi_i a^i - \nabla^i a_i.$$

Полученное равенство определяет функцию  $a$ , если

$$\psi = \nabla^n \psi_n \neq 0, \quad (31)$$

т. е. если нормализованная поверхность не принадлежит к классу изотермо-асимптотических поверхностей [1]. В этом случае (27) можно представить в виде

$$\nabla_n \zeta_m = c_{nm}; \quad c_{nm} = a b_{nm} + A_{.nm}^s; \quad (\nabla_n \zeta_m = \partial_n \zeta_m - L_{mn}^r \zeta_r), \quad (32)$$

где  $\nabla_n$  обозначает ковариантное дифференцирование в связности, коэффициенты которой имеют вид

$$L_{.n}^r = z_{.n}^r + \psi_n \delta_n^r + \psi_n \delta_n^r - b_{mn} b^{kr} \psi_k - \varepsilon_{mn} \psi^r = S_{.mn}^r + b_{mn} b^{rk} \pi_k;$$

$$\varphi_r = \psi_r - \pi_r; \quad \pi_i = b_{ir} \left[ \frac{1}{2 \psi} \psi_k b^{rk} R_{.p}^r + \frac{1}{6 \psi} \nabla^k (R_{.p}^r b_k^r) \right] =$$

$$= - \frac{1}{6 \psi} b_i^n \nabla^k (R_{np}^s b_k^s).$$



Условие интегрируемости системы (32) дает относительно  $\zeta$  линейное соотношение

$$R^L_{,m} \zeta_m = P_m; \quad P_m = -2 \psi^n c_{nm} - \nabla^n c_{nm}, \quad (34)$$

где тензор Риччи связности (33) можно представить в виде

$$R^L_{im} = R^S_{im} + b^S_k \nabla_k \bar{\pi}_i - \bar{\pi}_i \bar{\pi}_m; \quad \bar{\pi}_i = -\pi_r b^r_i = -\frac{1}{6\psi} \frac{S}{\nabla^k} (R_{in} b^n_k). \quad (35)$$

Для системы (34) возможны следующие случаи:

$$1. \quad \text{Det} \|R^L_{ij}\| \neq 0; \quad \zeta_i = \frac{2}{R^L_{,n} R^L_{,k} - (R^L_{,k})^2} (R^L_{,i} - R^L_{,k} \delta^n_i) P_m. \quad (36)$$

В этом случае существует единственная нормализованная поверхность, если полученное значение  $\zeta_i$  удовлетворяет одну из систем (1), (18) и (32).

2. Ранг матрицы  $\|R^L_{ij}\|$  равняется единице, т. е.

$$R^L_{,n} R^L_{,k} - (R^L_{,k})^2 = 0; \quad R^L_{ij} = R_i Q_j \neq 0, \quad (37)$$

где  $R_i, Q_i$  — некоторые векторы. Система (34) содержит лишь одно независимое уравнение, которое можно, например, представить в виде

$$r^m \zeta_m = P; \quad r^n = R^n_m B^m_{ij} f^{ij}; \quad P = P_m B^m_{ij} f^{ij}, \quad (38)$$

предполагая, что векторы  $Q_m$  и  $B^m_{ij} f^{ij}$  не коллинеарны (в противном случае вместо  $B^m_{ij} f^{ij}$  можно было бы взять  $B^m_{ij} c^{ij}$ ). Из (38), в силу (32), следует условие

$$\zeta_m \nabla_n r^m + r^m c_{nm} = \nabla_n P. \quad (39)$$

Если ранг системы (38), (39) равняется двум, то вектор  $\zeta_i$  однозначно определится и он должен еще удовлетворять одну из систем (1), (18), (32). В этом случае существует единственная нормализованная поверхность проективного пространства.

Чтобы ранг системы (38), (39) равнялся единице, необходимо и достаточно следующее условие:

$$\nabla_n r^m = k_n r^m; \quad P k_n = \nabla_n P - r^m c_{nm}, \quad (40)$$

при этом, согласно (38), вектор  $r^n$  всегда коллинеарен вектору  $R^i$  из (37).

Таким образом, при условии (37), (40), решение системы (32) содержит одно произвольное постоянное. В этом случае существуют  $\infty^1$  проективно налагающихся поверхностей (каждая поверхность несет одну сеть  $R$ ).

3. Наконец, если

$$R_{ij}^L = 0, \quad (41)$$

то

$$P_m = 0. \quad (42)$$

Теперь система (63) вполне интегрируема. Ее решение содержит две произвольные постоянные и определяет  $\infty^2$  проективно налагающихся поверхностей (каждая поверхность несет  $\infty^1$  сетей  $R$ ).

В заключение отметим, что если система (18) допускает более чем одно решение, то разность двух ее решений удовлетворяет системе, аналогичную полученной А. П. Норденом ([1], стр. 410).

Академия наук Грузинской ССР  
 Тбилисский математический  
 институт  
 им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 12.7.1965)

მათემატიკა

ბ. თეზაჰი

პროექციული სივრცის ზედაპირთა ძირითადი განტოლებების  
 ინტეგრების პირობების შესახებ

რეზიუმე

შრომში სამგანზომილებიანი პროექციული სივრცის ნორმალიზებულ ზედაპირთა ძირითადი განტოლებები წარმოდგენილია (18) სახით. შესწავლილია პირობები, როდესაც (18) სისტემა განსაზღვრავს ერთადერთ ზედაპირს და ერთზე მეტ ზედაპირს. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში მიღებულია პროექციულად დეფორმად ზედაპირთა ტენზორული ნიშნები.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Норден. Пространства аффинной связности. М.—Л., 1950.
2. Г. Н. Тевзадзе. О паре сопряженных аффинных связностей, индуцируемых на поверхности проективного пространства  $P_3$ . Сообщения АН ГССР, LXII:2, 1966.



Х. Н. ИНАСАРИДЗЕ

РАСШИРЕНИЯ КОММУТАТИВНЫХ ИНВЕРСНЫХ ПОЛУГРУПП

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 17.9.1965)

В этой статье исследуются расширения коммутативных инверсных полугрупп (обобщенных групп в смысле В. В. Вагнера [1]). Расширения рассматриваются относительно факторизации Престона [2] и описываются как при помощи систем факторов относительно обратных систем коммутативных полугрупп, удовлетворяющих условиям (1) и (2), так и при помощи методов гомологической алгебры. Кроме того, рассматриваются и расширения высших порядков<sup>(1)</sup>.

Коммутативной инверсной полугруппой называется коммутативная полугруппа, являющаяся теоретико-множественным объединением попарно непересекающихся групп. Обозначим через  $A$  категорию всех коммутативных инверсных полугрупп и всех их гомоморфизмов. Пусть  $\varphi: A \rightarrow B$ —морфизм из  $A$  и  $F, E$ —множества идемпотентов полугрупп  $A$  и  $B$  соответственно. Полугруппу  $\varphi^{-1}E$  назовем ядром гомоморфизма  $\varphi$ .

Последовательность объектов из  $A$

$$\dots \rightarrow A_{i-1} \xrightarrow{\varphi_{i-1}} A_i \xrightarrow{\varphi_i} A_{i+1} \rightarrow \dots$$

называется точной, если для каждого  $i$  имеем  $Im \varphi_{i-1} = Ker \varphi_i$ . Тогда фактор-полугруппа  $A_i/Im \varphi_{i-1}$  в смысле Престона [2] изоморфна полугруппе  $Im \varphi_i$ .

Точная последовательность

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha} X \xrightarrow{\beta} A \xrightarrow{\nu} F,$$

где

$\mu$ —естественное вложение, а  $\nu(a) = aa^{-1}$ , называется расширением коммутативной инверсной полугруппы  $A$  при помощи коммутативной инверсной полугруппы  $B$ .

Расширение  $E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha_1} X_1 \xrightarrow{\beta_1} A \xrightarrow{\nu} F$  эквивалентно расширению

<sup>(1)</sup> Часть результатов этой статьи была доложена на V Всесоюзном коллоквиуме по общей алгебре в 1963 г. (см. тезисы докладов).

$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha_2} X_2 \xrightarrow{\beta_2} A \xrightarrow{\nu} F$ , если существует изоморфизм  $\vartheta: X_1 \rightarrow X_2$  такой, что диаграмма

$$\begin{array}{ccccccc} E & \xrightarrow{\mu} & B & \xrightarrow{\alpha_1} & X_1 & \xrightarrow{\beta_1} & A \xrightarrow{\nu} F \\ \parallel \mu & & \parallel \alpha_2 & \vartheta \downarrow & \parallel \beta_2 & & \parallel \nu \parallel \\ E & \xrightarrow{\mu} & B & \xrightarrow{\alpha_2} & X_2 & \xrightarrow{\beta_2} & A \xrightarrow{\nu} F \end{array}$$

коммутативна. Множество классов эквивалентных расширений обозначим через  $E^1(A, B)$ . Множество  $E^1(A, B)$  может быть пустым. Для существования хотя бы одного расширения необходимо и достаточно существование гомоморфизма полугруппы  $E$  на полугруппу  $F$ .

Пусть  $T = \{\tau: E \rightarrow F\}$ —множество всех гомоморфизмов  $E$  на  $F$  и  $E^1_\tau(A, B)$ —множество классов эквивалентных расширений, для которых  $\mu \alpha \beta \nu = \tau$ . Ясно, что  $E^1(A, B) = \bigcup_{\tau \in T} E^1_\tau(A, B)$ .

Нашей целью является исследование и описание множества  $E^1_\tau(A, B)$ . Для этого введем следующее понятие. Мы скажем, что задана обратная система коммутативных полугрупп над коммутативной полугруппой  $S$ , если каждому  $s \in S$  соответствует коммутативная полугруппа  $D_s$  и в объединении  $\bigcup_{s \in S} D_s$  введено бинарное отношение  $o$ , которое совпадает на каждом  $D_s$  с алгебраической операцией этой полугруппы, является ассоциативным и  $odd' \in D_{ss'}$ , когда  $d \in D_s$  и  $d' \in D_{s'}$ .

Имеем  $B = \bigcup_{i \in E} N_i$ , где  $N_i$ —группа,  $N_i \cap N_j = \emptyset$  при  $i \neq j$  и индекс  $i$  группы совпадает с обозначением ее единицы.

Рассмотрим обратную систему коммутативных полугрупп  $\{E_\alpha, \alpha \in A\}$  над коммутативной инверсной полугруппой  $A$ , удовлетворяющую следующим условиям:

1.  $E_\alpha = E_{\alpha^{-1}} \subset E$ .
2.  $E_f = \tau^{-1}f, f \in F$ . (1)
3. Если  $e \in E_\alpha, e' \in E_{\alpha'}$ , то  $ee' = ee'$ .

Эту обратную систему назовем обратной системой, индуцированной гомоморфизмом  $\tau$  или коротко  $\tau$ -обратной системой над  $A$ .

Далее, рассмотрим систему элементов  $m_{\alpha, \beta}^{k, j}$ , где  $\alpha, \beta \in A, i \in E_\alpha, j \in E_\beta, m_{\alpha, \beta}^{k, j} \in N_{ij}$ , удовлетворяющих условиям

$$m_{\alpha, \beta}^{k, j} = m_{\beta, \alpha}^{j, k}, m_{\alpha, \beta}^{k, j} m_{\beta, \delta}^{j, k} = m_{\alpha, \delta}^{k, j} m_{\alpha, \beta}^{j, k}. \quad (2)$$

Назовем ее системой факторов Престона относительно  $\tau$ -обратной системой над  $A$ .

Обозначим через  $X$  множество символов  $x_i^\alpha n_i$ , где  $\alpha \in A$ ,  $i \in E_\alpha$ ,  $n_i \in N_i$ , причем  $x_i^\alpha n_i = x_j^\beta n_j$ , если  $\alpha = \beta$ ,  $i = j$  и  $n_i = n_j$ . Определим умножение в  $X$  следующим образом:  $x_i^\alpha n_i \cdot x_j^\beta n_j = x_{\alpha\beta}^{i,j} m_{\alpha,\beta}^{i,j} n_i n_j$ .

Можно показать, что эта операция является коммутативной и ассоциативной и что  $X$  является коммутативной инверсной полугруппой. Далее, легко доказать, что последовательность

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\psi} X \xrightarrow{\varphi} A \xrightarrow{\nu} F,$$

где  $\psi(n_i) = x_f(m_{f,f}^{i,i})^{-1} n_i$ ,  $f = \tau(i)$  и  $\varphi(x_i^\alpha n_i) = \alpha$ , является расширением  $A$  при помощи  $B$ , причем  $\mu\psi\varphi\nu = \tau$ .

Тем самым получаем отображение  $\mathfrak{D}$  систем факторов Престона относительно  $\tau$ -обратных систем над  $A$  в множество  $E_\tau^1(A, B)$ .

**Теорема 1.** *Отображение  $\mathfrak{D}$  отображает совокупность систем факторов Престона относительно  $\tau$ -обратных систем над  $A$  на множество  $E_\tau^1(A, B)$ .*

Доказательства этой теоремы и остальных предложений данной статьи не приводятся ввиду малых размеров статьи.

**Теорема 2.** *Два расширения  $X$  и  $X'$  коммутативной инверсной полугруппы  $A$  при помощи коммутативной инверсной полугруппы  $B$ , являющиеся образом при отображении  $\mathfrak{D}$  систем факторов Престона  $m_{\alpha,\beta}^{i,j}$ ,  $m'_{\alpha,\beta}{}^{i,j}$  относительно  $\tau$ -обратных систем  $\{E_\alpha\}$ ,  $\{E'_\alpha\}$  над  $A$  соответственно, эквивалентны между собой тогда и только тогда, когда  $E_\alpha = E'_\alpha$  для каждого  $\alpha \in A$  и каждым  $\alpha \in A$ ,  $i \in E_\alpha$  можно соответствовать элемент  $c'_\alpha$  из  $B$ , где  $c'_\alpha \in N_i$  такой, что между факторами имеет место соотношение*

$$m'_{\alpha,\beta}{}^{i,j} = m_{\alpha,\beta}^{i,j} (c'_{\alpha\beta})^{-1} c'_\alpha c'_\beta. \quad (3)$$

В множество  $E_\tau^1(A, B)$  введем алгебраическую операцию следующим образом. Произведением классов с представителями

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\psi} X \xrightarrow{\varphi} A \xrightarrow{\nu} F \quad \text{и} \quad E \xrightarrow{\mu'} B' \xrightarrow{\psi'} X' \xrightarrow{\varphi'} A \xrightarrow{\nu'} F$$

называется класс, представитель которого является расширением  $E \rightarrow B \rightarrow Y \rightarrow A \rightarrow F$ , которое получается так: рассмотрим полугруппу  $X + X' = \{(x, x'), x \in X, x' \in X', xx^{-1} = x'x'^{-1}\}$  и ее подполугруппу  $D$ , состоящую из всех  $(x, x')$  таких, что  $\varphi x = \varphi' x'$ . Имеем отображение  $\sigma: B \rightarrow D$ , где  $\sigma(b) = (\psi b^{-1}, \psi' b)$ . Тогда  $Y$  является коядром этого отображения,  $\psi(b) = [(\psi b, \psi' b b^{-1})]$  (квадратные скобки обозначают образ элемента в коядре) и  $\Phi[(x, x')] =$

$= \varphi x$ . Покажем, что последовательность  $E \rightarrow B \rightarrow Y \rightarrow A \rightarrow F$  точна. Ясно, что  $\psi$  изоморфно отображает  $B$  в  $Y$ , а  $\Phi$  — гомоморфизм на  $A$ . Если  $\Phi[(x, x')] = f$ , то  $[(x, x')] = [(\psi b, \psi' b)] = [(\psi b b' b b^{-1}, \psi' b' b^{-1} b b^{-1})] =$



$= [(\psi bb', \psi' bb' b^{-1} b'^{-1})]$ . Тем самым точность доказана. Множество  $E_i^1(A, B)$  является коммутативной полугруппой.

Разобьем полугруппу  $E_i^1(A, B)$  на попарно непересекающиеся подмножества следующим образом: два расширения  $X$  и  $X'$  будут в одном подмножестве, если их соответствующие обратные системы над  $A$  равны между собой. Тогда имеем  $E_i^1(A, B) = \bigcup_{h \in H} G_h$ , где  $H$  — множество

всех обратных систем коммутативных полугрупп над  $A$ , удовлетворяющих условиям (1), а  $G_h$  — множество всех классов расширений, имеющих одну и ту же обратную систему над  $A$ .

Мы покажем, что  $G_h$  является подгруппой полугруппы  $E_i^1(A, B)$  и установим изоморфизм с „относительным“ правым сателлитом функтора  $\text{Hom}$ .

Пусть  $A$  — коммутативная инверсная полугруппа и  $h$  — обратная система полугрупп  $\{E_x\}$ , удовлетворяющий условиям (1). Предположим, что операция полугруппы  $A$  записана аддитивно. Каждому элементу  $x$  из  $A$  соответствуем систему символов  $\{x^i\}$ , где  $i \in E_x$ , и рассмотрим все конечные формальные суммы вида  $\sum_{x \in A} \sum_{i \in E_x} \lambda_{xi} x^i$ , где  $\lambda_{xi}$  — целые числа. Пусть

$N$  — множество всех таких сумм. В  $N$  естественно вводится алгебраическая операция и получается коммутативная полугруппа. Если каждому элементу  $\sum \lambda_{xi} x^i$  из  $N$  соответствуем элемент  $\sum \lambda_{xi} x$  из  $A$ , получаем гомоморфизм  $\varphi$  полугруппы  $N$  на полугруппу  $A$ .

Далее,  $A = \bigcup_{f \in F} A_f$  и  $N = \bigcup_{f \in F} \varphi^{-1} A_f$ . В каждую подполугруппу  $\varphi^{-1} A_f$  введем эквивалентность  $\sum \lambda_{xi} x^i \equiv \sum \lambda_{yj} y^j$ , если  $\sum_i = \sum_j$ , каждый символ с ненулевым коэффициентом из  $\sum \lambda_{xi} x^i$  входит в  $\sum \lambda_{yj} y^j$  с тем же коэффициентом и каждый символ с ненулевым коэффициентом из  $\sum \lambda_{yj} y^j$  входит в  $\sum \lambda_{xi} x^i$  с тем же коэффициентом. Пусть  $P_f$  — множество классов эквивалентности и  $P_h = \bigcup_{f \in F} P_f$ . Легко видеть, что каж-

дый  $P_f$  является коммутативной инверсной полугруппой. Так как полугруппа идемпотентов полугруппы  $P_h$  изоморфна полугруппе идемпотентов полугруппы  $B$ , то мы ее отождествим с  $E$ .

Гомоморфизм  $\varphi$  полугруппы  $N$  на полугруппу  $A$  индуцирует гомоморфизм  $\varphi^*$  полугруппы  $P_h$  на  $A$ . Пусть  $M_h$  — ядро гомоморфизма  $\varphi^*$ .

Тогда имеем точную последовательность  $E \xrightarrow{\mu} M_h \xrightarrow{\psi^*} P_h \xrightarrow{\varphi^*} A \xrightarrow{\nu} E$ . Отсюда получаем последовательность  $\text{Hom}(P_h, B) \xrightarrow{\delta} \text{Hom}(M_h, B) \xrightarrow{\delta^*} \text{Ext}_h^1(A, B)$ ,

где  $\text{Hom}^*$  — гомоморфизмы, тождественные на  $E$ , а  $\text{Ext}_k^1(A, B)$  — коядро отображения  $\delta$ . Ясно, что  $\text{Ext}_k^1(A, B)$  является абелевой группой.

Теорема 3. Полугруппа  $G_h$  изоморфна полугруппе  $\text{Ext}_k^1(A, B)$  для каждого  $h$  из  $H$ .

Теперь рассмотрим расширения высших порядков. Пусть  $E$  и  $F$  — коммутативные идемпотентные полугруппы,  $\tau$  — гомоморфизм полугруппы  $E$  на полугруппу  $F$  и  $\mathcal{A}_E, \mathcal{A}_F$  — категории всех коммутативных инверсных полугрупп, имеющих своей полугруппой идемпотентов  $E$  и  $F$  соответственно, и всех их гомоморфизмов, тождественных на  $E$  и  $F$  соответственно. Легко видеть, что категории  $\mathcal{A}_E$  и  $\mathcal{A}_F$  являются абелевыми категориями.

Рассмотрим точную последовательность коммутативных полугрупп

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha_0} X_1 \xrightarrow{\alpha_1} \dots \rightarrow X_n \xrightarrow{\alpha_n} A \xrightarrow{\nu} F,$$

где  $B \in \mathcal{A}_E$  и  $A \in \mathcal{A}_F$ . Она называется расширением  $n$ -го порядка коммутативной инверсной полугруппы  $A$  при помощи коммутативной инверсной полугруппы  $B$ .

Расширение

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha_0} X_1 \xrightarrow{\alpha_1} \dots \rightarrow X_n \xrightarrow{\alpha_n} A \xrightarrow{\nu} F \quad (e)$$

подобно расширению

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha'_0} X'_1 \xrightarrow{\alpha'_1} \dots \rightarrow X'_n \xrightarrow{\alpha'_n} A \xrightarrow{\nu} F, \quad (e')$$

если существует коммутативная диаграмма

$$\begin{array}{ccccccccccc} E & \rightarrow & B & \rightarrow & X_1 & \rightarrow & \dots & \rightarrow & X_n & \rightarrow & A & \rightarrow & F \\ \parallel & & \parallel & & \downarrow \vartheta_1 & & \dots & & \downarrow \vartheta_n & & \parallel & & \parallel \\ E & \rightarrow & B & \rightarrow & X'_1 & \rightarrow & \dots & \rightarrow & X'_n & \rightarrow & A & \rightarrow & F \end{array}$$

причем  $\vartheta_i$  изоморфно отображает множество идемпотентов  $E_i$  полугруппы  $X_i$  на множество идемпотентов  $E'_i$  полугруппы  $X'_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

Расширение (e) эквивалентно расширению (e'), если существует конечное число расширений  $(e_0), \dots, (e_r)$  таких, что  $(e_0) = (e)$ ,  $(e_r) = (e')$  и либо  $(e_i)$  подобно  $(e_{i+1})$ , либо  $(e_{i+1})$  подобно  $(e_i)$  для  $i = 0, 1, \dots, r-1$ .

Множество классов эквивалентных расширений обозначим через  $E^n(A, B)$ . Если  $T = \{\tau : E \rightarrow F\}$  — множество всех гомоморфизмов  $E$  на  $F$  и  $E_\tau^n(A, B)$  — множество всех классов эквивалентных расширений, для которых  $\mu \alpha_0 \alpha_1 \dots \alpha_n \nu = \tau$ , то  $E^n(A, B) = \bigcup_{\tau \in T} E_\tau^n(A, B)$ .

Введем в множество  $E^n(A, B)$  алгебраическую операцию следующим образом (случай  $n = 1$  был уже нами рассмотрен, причем оказав-

лось, что  $E_\tau^n(A, B)$  является коммутативной инверсной полугруппой). Рассмотрим расширения

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha_0} X_1 \xrightarrow{\alpha_1} \dots \rightarrow X_n \xrightarrow{\alpha_n} A \xrightarrow{\nu} F,$$

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\beta_0} Y_1 \xrightarrow{\beta_1} \dots \rightarrow Y_n \xrightarrow{\beta_n} A \xrightarrow{\nu} F,$$

где  $n > 1$ . Произведением их соответствующих классов назовем класс, представителем которого является расширение

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\gamma_0} Z_1 \xrightarrow{\gamma_1} \dots \rightarrow Z_n \xrightarrow{\gamma_n} A \xrightarrow{\nu} F,$$

которое получается так: если  $X_1 + Y_1 = \{(x_1, y_1), x_1 \in X_1, y_1 \in Y_1, x_1 x_1^{-1} = y_1 y_1^{-1}\}$ , имеем гомоморфизм  $\sigma: B \rightarrow X_1 + Y_1$ , где  $\sigma(b) = (\alpha_0 b^{-1}, \beta_0 b)$ , тогда  $Z_1$  есть коядро отображения  $\sigma$  и  $\gamma_0(b) = [(\alpha_0 b, \beta_0 b b^{-1})]$ .

Далее,  $Z_n = \{(x_n, y_n), x_n \in X_n, y_n \in Y_n, \alpha_n x_n = \beta_n y_n\}$ ,  $Z_i = \{x_i, y_i, y_i \in X_i, y_i \in Y_i, \alpha_i \dots \alpha_n \nu(x_i x_i^{-1}) = \beta_i \dots \beta_n \nu(y_i y_i^{-1})\}$  для  $1 < i < n$ ,  $\gamma_1[(x_1, y_1)] = (\alpha_1 x_1, \beta_1 y_1)$ ,  $\gamma_i(x_i, y_i) = (\alpha_i x_i, \beta_i y_i)$  для  $1 < i < n$  и  $\gamma_n(x_n, y_n) = \alpha_n x_n$ . Это произведение не зависит от выбора представителей, и множество  $E_\tau^n(A, B)$  является коммутативной полугруппой.

Если  $f: A' \rightarrow A$ ,  $g: B \rightarrow B'$  — морфизмы из  $A_F$  и  $A_E$  соответственно, то естественно определяют гомоморфизмы  $E^n(f, B): E_\tau^n(A, B) \rightarrow E_\tau^n(A', B)$  и  $E_\tau^n(A, g): E_\tau^n(A, B) \rightarrow E_\tau^n(A, B')$ .

**Теорема 4.**  $E_\tau^n(A, B)$  является аддитивным контравариантным функтором по первому аргументу из категории  $A_F$  в категорию всех коммутативных полугрупп и аддитивным ковариантным функтором по второму аргументу из категории  $A_E$  в категорию всех коммутативных полугрупп.

Рассмотрим точную последовательность коммутативных инверсных полугрупп

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha_0} X_1 \xrightarrow{\alpha_1} \dots \rightarrow X_n \xrightarrow{\alpha_n} X_{n+1} \xrightarrow{\alpha_{n+1}} \dots \rightarrow X_{n+k} \xrightarrow{\alpha_{n+k}} A \xrightarrow{\nu} F,$$

где  $\mu \alpha_0 \alpha_1 \dots \alpha_{n+k} \nu = \tau$ ,  $X_{n+1}, \dots, X_{n+k}$  суть полугруппы с полугруппой идемпотентов  $F$  и гомоморфизмы  $\alpha_{n+1}, \dots, \alpha_{n+k}$  тождественны на  $F$ .

В класс всех таких последовательностей введем эквивалентность, как выше. Множество классов эквивалентных расширений обозначим через  $E^{\tau, (k)}(A, B)$ .

Также рассмотрим точную последовательность коммутативных инверсных полугрупп

$$E \xrightarrow{\mu} B \xrightarrow{\alpha_0} X_1 \xrightarrow{\alpha_1} \dots \rightarrow X_k \xrightarrow{\alpha_k} X_{k+1} \xrightarrow{\alpha_{k+1}} \dots \rightarrow X_{k+n} \xrightarrow{\alpha_{k+n}} A \xrightarrow{\nu} F,$$



где  $\mu \alpha_0 \alpha_1 \dots \alpha_{k+n} \cdot \nu = \tau$ ,  $X_1, \dots, X_k$  суть полугруппы с полугруппой идемпотентов  $E$  и гомоморфизмы  $\alpha_1, \dots, \alpha_k$  тождественны на  $E$ . Множество классов таких эквивалентных расширений обозначим через  $E^{(q)n}(A, B)$ .

**Теорема 5.**  $E_n^{n'(k)}(A, B)$  и  $E^{(q)n}(A, B)$  при  $k = 1, 2, \dots$ , являются аддитивными контравариантными функторами по первому аргументу из категории  $A_F$  в категорию всех коммутативных полугрупп и аддитивными ковариантными функторами по второму аргументу из категории  $A_E$  в категорию всех коммутативных полугрупп.

Для каждой точной последовательности  $F \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow E$  из категории  $A_E$  имеем связывающий гомоморфизм  $\mathfrak{F}^k: E_n^{n'(k)}(C, B) \rightarrow E_n^{n'(k+1)}(A, B)$  при  $k = 0, 1, \dots$ , где  $E_n^{n'(0)}(C, B) = E_n^n(C, B)$ .

Аналогично для каждой точной последовательности  $E \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow E$  из категории  $A_E$  имеем связывающий гомоморфизм  $\mathfrak{F}^k: E^{(q)n}(A, G) \rightarrow E^{(q)(k+1)n}(A, B)$  при  $k = 0, 1, \dots$ , где  $E^{(q)n}(A, G) = E_n^n(A, G)$ .

Пусть  $G$  — предпучок категорий пар морфизмов над категорией  $A_F$ , рассмотренный в примере 3 статьи [3], и пусть  $H$  — копредпучок категорий пар морфизмов над категорией  $A_E$ , двойственный предпучку примера (3).

Тогда имеют место следующие теоремы.

**Теорема 6.** Последовательность  $\{E_n^{n'(k)}(X, B), \mathfrak{F}^k, k=0, 1, \dots\}$  аддитивных контравариантных функторов из категории  $A_F$  в категорию всех коммутативных полугрупп является правым сателлитом функтора  $E_n^{n'(0)}(X, B) = E_n^n(X, B)$  относительно предпучка  $G$  при  $n = 1, 2, \dots$ .

**Теорема 7.** Последовательность  $\{E^{(q)n}(A, X), \mathfrak{F}^k, k=0, 1, \dots\}$  аддитивных ковариантных функторов из категории  $A_E$  в категорию всех коммутативных полугрупп является правым сателлитом функтора  $E^{(q)n}(A, X) = E_n^n(A, X)$  относительно копредпучка  $H$  при  $n = 1, 2, \dots$ .

Правый сателлит функтора относительно предпучка и копредпучка определяется в работе [3].

Академия наук Грузинской ССР

Тбилисский математический  
институт им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 17.9.1965)



ხ. ინასარიძე

## კომუტატურ ინვერსულ ნახევარჯგუფთა გაფართოებანი

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია კომუტატურ ინვერსულ ნახევარჯგუფთა გაფართოების სიმრავლის აღწერა და მისი გამოკვლევა ჰომოლოგიური ალგებრის მეთოდების გამოყენებით.

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. B. V. Wagner. Обобщенные группы. ДАН СССР, 84, № 6, 1952, 1119—1122.
2. G. B. Preston. Inverse semi-groups. J. London Math. Soc., 29, 1954, 396—403.
3. X. H. ინასარიძე. Универсальные функторы. Сообщения АН ГССР, XXXVIII, № 3, 1965.



В. В. НИКОЛАИШВИЛИ

О КОМПОНЕНТАХ ПРОСТРАНСТВА ВПОЛНЕ НЕПРЕРЫВНЫХ  
 ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 12.3.1966)

Пусть  $X$ —произвольное подмножество банахова пространства  $E$ ;  $E_{\infty-n}$ —подпространство коразмерности  $n$ ;  $P_{\infty-n} = E_{\infty-n} \setminus 0$ ; на  $X$  задано вполне непрерывное поле со значениями в  $P_{\infty-n}$ , т. е. векторное поле вида  $\Phi = I - A$ ,  $x - A(x) \neq 0$ ,  $x \in X$ , где  $I$ —тождественный, а  $A$ —вполне непрерывный операторы. Если  $F, F \subset X$ ,—ограниченное множество, то по определению  $A(F)$  будет компактным в  $E$ , поэтому во множестве  $\bigvee^F P_{\infty-n}$  вполне непрерывных векторных полей на  $F$  топологии можно вводить с помощью метрики

$$\rho(\Phi_1, \Phi_2) = \sup_{x \in F} \|A_1(x) - A_2(x)\|,$$

а для любого  $X$  замыкание множества  $M \subset \bigvee^X P_{\infty-n}$  определим эквивалентностью  $(\Phi \in \overline{M}) \equiv (\Phi | F \in \overline{M} | F$  для любого ограниченного и замкнутого в  $E$  множества  $F \subset X$ ), где  $\Phi | F, M | F$  обозначают ограничения  $\Phi$  и  $M$  соответственно ([1], стр. 441).

В работе [2] доказывалось, что при  $n = 0$  множество компонент  $C(P_{\infty-n}^X)$  пространства  $\bigvee^X P_{\infty-n}$  инъективно отображается в нульмерную группу гомологии (в группу целочисленных нормированных мер [1]) пространства  $(E \cup \infty) \setminus X$ , причем, если само  $X$ —ограниченное замкнутое множество, упомянутое множество компонент  $C(P_{\infty-n}^X)$  совпадает с компонентами линейной связности, т. е. с группой  $\pi^\infty(X)$  из работы Гемба [3] пространства  $X \subset E$ .

В этой заметке применением хорошо известных результатов алгебраической топологии [4—7] только что указанный результат из [2] обобщается для любого  $n$  при некоторых дополнительных ограничениях, наложенных на  $X$ .

Будем предполагать, что банахово пространство  $E$  имеет базис  $e_1, e_2 \dots e_n, \dots$ ;  $E_m$ —конечномерное подпространство, образованное век-

торами  $e_1, e_2 \dots e_m$ ;  $E_m^+(E_m^-)$  — полупространство пространства  $E_m$ , для точек которого  $m$ -я координата неотрицательна (неположительна);  $F$  — ограниченное замкнутое множество пространства  $E$ ;  $F_m = F \cap E_m$ ;  $F_m^+ = F \cap E_m^+$ ;  $F_m^- = F \cap E_m^-$ ;  $\pi^p(F_m)$  —  $p$ -мерная группа когомотопии пространства  $F_m$ .  $p$ -мерную сферу  $S_p$  мы будем мыслить как экватор сферы  $S_{p+1}$ , что позволяет определить гомоморфизм  $\varphi_m: \pi^p(X_m) \rightarrow \pi^{p+1}(F_{m+1})$  [8], считая  $\varphi_m(\hat{f}) = \hat{g}$ ,  $\hat{f} \in \pi^p(F_m)$ ,  $\hat{g} \in \pi^{p+1}(F_{m+1})$ , если найдутся такие отображения  $f \in \hat{f}$ ,  $g \in \hat{g}$ , что  $g(F_{m+1}^+) \subset S_{p+1}^+$ ,  $g(F_{m+1}^-) \subset S_{p+1}^-$  и на  $F_m$   $g$  совпадает с  $f$ , где  $S_{p+1}^+$  ( $S_{p+1}^-$ ) — верхняя (нижняя) полусфера сферы  $S_{p+1}$ . Поскольку  $S_{p+1}^+$  ( $S_{p+1}^-$ ) стягиваемо по себе в точку и  $S_p = S_{p+1}^+ \cap S_{p+1}^-$ , то для любого  $f: F_m \rightarrow S_p$  найдется такое отображение (продолжение)  $f^*: F_{m+1} \rightarrow S_{p+1}$ , что  $\varphi_m(\hat{f}) = \hat{f}^*$ , где  $\hat{f}^*$  обозначает класс отображения  $f$ . Отображение вложения  $k: (F_{m+1}^+, F_m) \rightarrow (F_{m+1}, F_m^-)$  индуцирует изоморфизмы  $k^*$  и  $k^\#$  когомологических и соответственно когомотопических групп. Пусть  $j$  обозначает отображение вложения  $(F_{m+1}, \emptyset) \rightarrow (F_{m+1}, F_m^-)$ , а  $j^\#$ ,  $j^*$  — индуцированные гомоморфизмы когомотопических и когомологических групп соответственно. Можно доказать теорему, которая аналогична теореме о взаимосвязи надстроечного гомоморфизма Фройденталя с кограничным гомоморфизмом  $\delta^\#$  когомотопических групп ([6], теорема 9.1). Через  $\delta^*$  обозначаем кограничный гомоморфизм для когомологических групп.

**Теорема 1.** Пусть  $j: (F_{m+1}, \emptyset) \rightarrow (F_{m+1}, F_m^-)$  и  $k: (F_{m+1}^+, F_m) \rightarrow (F_{m+1}, F_m^-)$  — отображения вложения. Тогда диаграмма

$$\begin{array}{ccccccc}
 \pi^p(F_m) & \xrightarrow{\varphi_m} & & & \pi^{p+1}(F_{m+1}) & & \\
 \downarrow & & \delta^\# & & \downarrow & & \\
 \pi^p(F_m) & \xrightarrow{\delta^\#} & \pi^{p+1}(F_{m+1}^+, F_m) & \xrightarrow{k^{\#-1}} & \pi^{p+1}(F_{m+1}, F_m^-) & \xrightarrow{j^\#} & \pi^{p+1}(F_{m+1}) \\
 \downarrow h & & \downarrow h & & \downarrow h & & \downarrow h \\
 H^p(F_m) & \xrightarrow{\delta^*} & H^{p+1}(F_{m+1}^+, F_m) & \xrightarrow{k^{*-1}} & H^{p+1}(F_{m+1}, F_m^-) & \xrightarrow{j^*} & H^{p+1}(F_{m+1})
 \end{array}$$

где  $h$  — известное естественное отображение Хопфа, коммутативна во всех частях<sup>(1)</sup>.

В силу теоремы 1 следующую теорему можно считать частичным обобщением теоремы 2 работы [8], так как, допуская  $n = 0$  и не предполагая существование групповой операции в множестве  $\pi^{\infty-n}(F)$  гомотопических классов компактных векторных полей  $\{I - A: F \rightarrow P_{\infty-n}\}$

<sup>(1)</sup> В теореме 1 необязательно, чтобы конечномерные компакты  $F_m, F_{m+1}, F_{m+1}^+, F_{m+1}^-$  были вложены в  $E$  вышеописанным образом, достаточно лишь, чтобы  $F_m = F_{m+1}^+ \cap F_{m+1}^-$  и  $F_{m+1} = F_{m+1}^+ \cup F_{m+1}^-$ .

(см. [3]), эту теорему можно отождествить с частным случаем результата А. С. Шварца (см. также работу [9]).

**Теорема 2.** Пусть  $F$  — ограниченное замкнутое множество банахова пространства  $E$ ;  $F_m = F \cap E_m$ . Тогда группа  $\pi^{\infty-n}(F)$  изоморфна предельной группе прямого спектра

$$\{\pi^{m-n-1}(F_m), j^{\#} \cdot k^{\#-1} \cdot \delta^{\#}\}, \quad m = m_0, m_0 + 1, \dots$$

где  $n$  — некоторое фиксированное целое число, а  $m_0$  — достаточно большое натуральное число, для которого выполняется неравенство  $2(n+1) < m_0 - 1$ .

В доказательстве используются известный метод проектирования Лере — Шаудера и возможность продолжения векторных полей с сохранением конечномерности (однозначно с точностью до гомотопии).

**Теорема 3.** Пусть  $Y$  — открытое множество банахова пространства  $E$  и  $Y_m = E_m \cap Y$ . Тогда группа гомологии с компактными носителями  $H_n^c(Y)$  пространства  $Y$  изоморфна предельной группе прямого спектра  $\{H_n^c(Y_m), i_m^*\}$ , где  $i_m^*$ ,  $m = 1, 2, \dots$ , — гомоморфизмы, индуцированные вложениями  $i_m: Y_m \subset Y_{m+1}$ .

**Доказательство**<sup>(1)</sup>. Вложения  $j_m: Y_m \subset Y$  индуцируют гомоморфизм  $\{j_m^*\}$  предельной группы (см. [10], стр. 26) в  $H_n^c(Y)$ . Докажем, что  $\{j_m^*\}$  есть эпиморфизм (моморфность  $\{j_m^*\}$  доказывается аналогично). Для этого достаточно проверить, что в каждом гомологическом классе  $Z_r \in H_n^c(Y)$  существует истинный цикл, лежащий в некотором  $Y_m$ . Пусть  $z_r \in Z_r$  — истинный цикл, представляющий элемент  $Z_r$ , лежащий на некотором компакте  $K \subset Y$ ;  $O_\varepsilon$  — сферическая  $\varepsilon$ -окрестность компакта  $K$  в  $E$ ,  $O_\varepsilon \subset Y$ ;  $\alpha$  — некоторое конечное  $\frac{\varepsilon}{4}$ -покрытие компакта  $K$  открытыми в  $Y$  множествами, нерв которого  $\alpha$  будет конечномерным комплексом, который можно реализовать достаточно близко к  $K$  как полиэдр, лежащий в  $\bigcup_{m=1}^{\infty} Y_m$ ;  $f: K \rightarrow \alpha$  — непрерывное отображение Александрова. Без ограничения общности  $f$  можно считать  $\varepsilon$ -сдвигом компакта  $K$ . Следовательно, в  $O_\varepsilon$  существует гомотопия тождественного отображения  $K \subset Y$ , осуществляющая деформацию компакта  $K$  в  $Y$  по формуле

$$F(x, t) = x(1 - t) + tf(x), \quad x \in K, 0 \leq t \leq 1.$$

<sup>(1)</sup> Замечание при корректуре. Эта заметка была передана для напечатания, когда появилась статья R. S. Palais, Homotopy theory of infinite dimensional manifolds, Topology 5 (1966), в которой при некоторых предположениях доказывается гомотопическая

эквивалентность  $Y$  и  $\bigcup_{m=1}^{\infty} Y_m$ . Нужно нам в дальнейшем (в теореме 7) аналогичное

утверждение гомологического характера (теорема 3) доказывается проще (теоремы 3 и 7 были доложены в августе 1965 г. на Всесоюзном топологическом симпозиуме в г. Тирасполе, см. [9]).

Можно считать, что эта деформация происходит в некотором компакте  $K' \supset K$ ,  $K' \subset Y$ . В качестве такого компакта  $K'$  можно брать множество точек всевозможных отрезков с концами  $x$  и  $f(x)$ . Как известно, такая деформация компакта  $K$  вызывает деформацию его истинного цикла  $\zeta_r$ , которая не выводит его из гомологического класса. Образ цикла  $\zeta_r$  будет циклом в некотором конечномерном подпространстве, однозначно определенным с точностью до гомологического класса, ч. т. д.

Следующая теорема является аналогом известной теоремы Борсука о продолжении гомотопии.

**Теорема 4.** Пусть  $X$  — произвольное подмножество банахова пространства  $E$  и  $F \subset X$  — его замкнутое подмножество;  $\Phi_1: X \rightarrow P_{\infty-n}$  — вполне непрерывное векторное поле ( $\Phi_1 = I - A_1$ ) и  $\Phi_1|_F$  гомотопна полю  $\Phi_2: F \rightarrow P_{\infty-n}$ ,  $\Phi_2 = I - A_2$ . Тогда существует продолжение  $\Phi_2^*$  поля  $\Phi_2$ ,  $\Phi_2^* = I - A_2^*$ , где  $A_2^*$  — вполне непрерывное продолжение оператора  $A_2$  и поле  $\Phi_1$  гомотопна полю  $\Phi_2^*$ .

**Доказательство.** Для компактных векторных полей теорема известна (см. [1]). Рассмотрим последовательность замкнутых возрастающих шаров  $V_i \subset E$ ,  $E = \bigcup_{i=1}^{\infty} V_i$ . Пусть  $X_i = X \cap V_i$ ,  $F_i = F \cap V_i$ . Тогда

$F_i$  будет замкнутым подмножеством  $X_i$  и на пространстве  $F_i \times (0,1)$  имеем компактное отображение гомотопии, полученное ограничением данной на  $F \times (0,1)$  гомотопии; ее продолжим сначала на  $X_i \times (0,1)$ , а потом от  $(X_i \cup F_{i+1}) \times (0,1)$  на  $X_{i+1} \times (0,1)$  и т. д. Начав этот процесс с некоторого  $i$ , последовательно построим нужную гомотопию.

**Теорема 5.** Пусть  $F$  — ограниченное замкнутое множество банахова пространства  $E$ ;  $P_{\infty-n}^F$  — пространство вполне непрерывных векторных полей, т. е. пространство векторных полей вида  $I - A: F \rightarrow P_{\infty-n}$ , где  $P_{\infty-n} = E_{\infty-n} \setminus 0$ ,  $I$  — тождественный, а  $A$  — вполне непрерывный операторы. Тогда компоненты пространства  $P_{\infty-n}^F$  линейно связны.

**Доказательство.** При  $n = 0$  справедливость теоремы доказана в работе [2]. Поэтому для любых полей  $I - A_0$  и  $I - A_1$  из некоторой компоненты  $C \in C(P_{\infty-n}^F)$  существует гомотопия

$$I - A_t: F \times [0,1] \rightarrow P_{\infty-0}, \quad 0 \leq t \leq 1.$$

Метод построения гомотопии  $I - A_t$  позволяет полагать, что множество  $A_t(F \times [0,1])$  принадлежит некоторому  $m$ -мерному подпространству  $E_m$ ,  $m > n$ . Без ограничения общности можно допустить также, что  $(I - A_t)(F_m \times [0,1]) \subset E_{\infty-n}$ .

Пусть  $x \in F$  и рассмотрим разложение  $x = x_n + x_{\infty-n}$  по пространствам  $E_n$  и  $E_{\infty-n}$  ( $E = E_n \dot{+} E_{\infty-n}$ ). На множестве  $D = F_m \times \times [0,1] \cup F \times (0) \cup F \times (1) \subset F \times [0,1]$  имеем отображение

$$f(x, t) = \begin{cases} x_{\infty-n} - [x - A_t(x)], & (x, t) \in F_m \times [0,1], \\ x_{\infty-n} - [x - A_0(x)], & (x, 0) \in F \times (0), \\ x_{\infty-n} - [x - A_1(x)], & (x, 1) \in F \times (1). \end{cases}$$

Поскольку  $E_n \subset E_m$  и  $x_{\infty-n} - [x - A_t(x)] = -x_n + A_t(x) \in E_m$ ,  $E'_{m-n} = E_m \cap E_{\infty-n} \neq \emptyset$ , точки вида  $f(x, t)$ ,  $(x, t) \in D$ , принадлежат  $E'_{m-n}$ , следовательно,  $f$  — компактное отображение. Обозначим через  $\bar{f}$  компактное продолжение на все  $F \times [0,1]$  отображения  $f$  со значениями в  $E'_{m-n}$ .

Теперь рассмотрим на  $F \times [0,1]$  новое компактное отображение  $A^*(x, t) = \bar{f}(x, t) + x_n$ ,  $A^*: F \times [0,1] \rightarrow E_m$ . Отображение  $x - A^*(x, t)$  будет гомотопией, которая показывает линейную связность компоненты  $C \in C(P_{\infty-n}^F)$ .

Из теорем 4, 5 вытекает следующее важное следствие.

*Следствие 1.* Пусть подмножество  $X \subset E$  является объединением счетного числа ограниченных и замкнутых в  $E$  возрастающих подмножеств  $F_i \subset X$ . Тогда множество компонент пространства  $P_{\infty-n}^X$  находится во взаимно-однозначном соответствии с пределом  $\pi(P_{\infty-n}^X)$  обратного спектра  $\{C(P_{\infty-n}^{F_\alpha}), R_\beta^2\}$ ,  $F_\alpha \subset F_\beta$ , а для любого  $X$  множество  $C(P_{\infty-n}^X)$  можно взаимно-однозначно отобразить в  $\pi(P_{\infty-n}^X)$ , где  $\{F_\alpha\}$  — направленная по возрастанию система ограниченных и замкнутых в  $E$  подмножеств  $F_\alpha \subset X$ ,  $\{F_i\}$  конфинальна в  $\{F_\alpha\}$ , а  $R_\beta^2$  — гомоморфизм ограничения.

*Определение 1.* Для ограниченного замкнутого подмножества  $F$  банахова пространства  $E$  определим группу  $H^{\infty-n}(F)$  как предел прямого спектра  $\{H^{m-n-1}(F_m), (\delta k^{-1}j)^*\}$ ,  $F_m \subset F_{m+1}$ , где  $(\delta k^{-1}j)^*$  — композиция гомоморфизмов  $\delta^*$ ,  $k^{*-1}$ ,  $j^*$ , определенных в формулировке теоремы 1, т. е.

$$H^{\infty-n}(F) = \varinjlim \{H^{m-n-1}(F_m), (\delta k^{-1}j)^*\}, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Имея теоремы 1, 2 и известное обобщение классификационной теоремы Хопфа для конечномерных пространств [7], получаем

*Предложение 6.* Пусть  $F$  — ограниченное замкнутое множество банахова пространства  $E$  с базисом и для достаточно больших  $m$ , при фиксированном  $n$ ,  $F_m$   $m-n$  — косвязана, т. е. начиная с некоторого  $m_0$

$m - n + i$ -мерная группа когомологии Александрова—Чеха пространства  $F_m$  равна нулю при  $m > m_0$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots$ . Тогда группа  $H^{\infty-n}(F)$  изоморфна группе  $\pi^{\infty-n}(F)$  пространства  $F$ :

$$H^{\infty-n}(F) \approx \pi^{\infty-n}(F), \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Для доказательства основного предложения (теорема 8) о множестве компонент пространства  $P_{\infty-n}^X$ , в которое в силу следствия 1 можно ввести групповую операцию, нам понадобится некоторый аналог теоремы двойственности Александера в бесконечномерном случае (теорема 7). Для формулировки этих теорем рассмотрим вспомогательное пространство  $S$ , являющееся объединением  $E \cup \infty$ , топологизированным в точке  $\infty$  системой открытых множеств  $E \setminus E_\sigma$ , дополнительных к ограниченным замкнутым множествам  $F_\sigma \subset E$  банахова пространства  $E$ . Заметим, что теорема 3 остается верной и при замене  $E$  на  $S$ , в силу чего можно доказать следующую теорему:

**Теорема 7.** Пусть  $S = E \cup \infty$  и  $F \subset E$  — ограниченное замкнутое множество. Тогда группа  $H^{\infty-n}(F)$  пространства  $F$  и  $n$ -мерная группа гомологии с компактными носителями  $H_n^c(S \setminus F)$  дополнительного пространства  $S \setminus F$  изоморфны между собой.

Из сформулированных выше результатов, учитывая теорему инвариантности для внешней группы гомологии (см. [4, 5]) пространства  $S \setminus X$ , следует

**Теорема 8.** Пусть  $X$  — произвольное подмножество банахова пространства  $E$ ;  $\{F_\alpha\}$  — направленная по возрастанию система ограниченных и замкнутых в  $E$  подмножеств  $F_\alpha \subset X$ ; пусть, далее, существует конфинальная подсистема  $\{F_{\alpha'}\} \subset \{F_\alpha\}$  такая, что при достаточно большом  $m_0$  имеем  $H^{m-n+i}(F_{\alpha'} \cap E_m) = 0$ , если  $m > m_0$ ,

$i = 0, 1, 2, \dots$ . Тогда множество компонент  $C(P_{\infty-n}^X)$  пространства  $P_{\infty-n}^X$  можно взаимно-однозначно отобразить в группу гомологии Александрова—Чеха  $H_n^c(S \setminus X)$  пространства  $S \setminus X$ , а в том случае, когда указанная система  $\{F_\alpha\}$  есть возрастающая последовательность, объединение элементов которой совпадает с  $X$ , упомянутое отображение превращается в изоморфизм «на»<sup>(1)</sup>.

Заметим, что при  $n = 0$  требование косвязности для пространства  $F_\alpha \cap E_m$  становится излишним, так как  $H^{m+i}(F_\alpha \cap E_m) = 0$  для любого  $\alpha$ ,  $i$  и  $m$ . Следовательно, при  $n = 0$  теорема 8 совпадает с обобщением теоремы двойственности Куратовского на бесконечномерный случай, доказанный в работе [2] совершенно другим путем, именно

(1) Условие  $H^{m-n+i}(F_\alpha \cap E_m) = 0$ ,  $F_\alpha \subset X$ , выполняется, в частности, при  $X \subset E_{\infty-n}$ .



методом, обобщающим на бесконечномерные пространства тот метод, который применил Куратовский для конечномерного пространства [1, 12]. В этом доказательстве применяется частный случай ( $n=0$ , см. [2], теорема 5) нижеследующей теоремы 9, которая аналогична известной теореме двойственности Эйленберга—Борсука.

**Теорема 9.** Пусть  $F$ —ограниченное замкнутое множество банахова пространства  $E$  и  $\Phi = I - A: F \rightarrow P_{\infty-n}$ —вполне непрерывное векторное поле. Тогда существует вполне непрерывное продолжение  $\Phi^*: E \setminus K_n \rightarrow P_{\infty-n}$  поля  $\Phi$ , где  $K_n$ ,  $K_n \subset E \setminus F$ , есть некоторый полиэдр (конечный при  $n=0$ ), размерность которого меньше чем  $n+1$ .

Доказательство опирается на теорему о продолжении вполне непрерывного, заданного на замкнутом подмножестве оператора, доказанную в [2] (теорема 1), и на теорему о продолжении гомотопии такого оператора, доказанную выше (теорема 4).

Согласно теореме 5, для ограниченного и замкнутого  $F \subset E$  компоненты пространства  $\overset{v}{P}_{\infty-n}^F$  совпадают с классами гомотопии компактных векторных полей без нулевых векторов над  $F$ , т. е.  $\pi^{\infty-n}(F) = C(P_{\infty-n}^F)$ . В силу теоремы 2,  $\pi^{\infty-n}(F) \cong \varinjlim \{\pi^{m-n-1}(F_m), \varphi_m\}$ , где  $m < 2(m-n-1) - 1$ . При последнем ограничении, как хорошо известно, группа когомотопии  $\pi^{m-n-1}(F_m)$  изоморфна стабильной группе когомотопии  $\sum^{m-n-1}(F_m)$ , следовательно, изоморфна  $n$ -мерной стабильной группе гомотопии  $\sum_n(S_m \setminus F_m)$  пространства  $S_m \setminus F_m$  в силу теоремы двойственности Спаньера—Уайтхеда. Этот изоморфизм является основным для получения предельного изоморфизма Гемба [3, 11]

$$\pi^{\infty-n}(F) \approx \sum_n(E \setminus F).$$

При ограничениях, наложенных на  $F$  в предложении 6, этот изоморфизм фактически совпадает с теоремой 7.

Множество подмножеств банахова пространства  $E$  и вполне непрерывные векторные поля над ними образуют категорию, которая содержит категорию Лере—Шаудера ограниченных замкнутых подмножеств и компактных векторных полей над ними [11]. Рассмотренный выше функтор  $C(P_{\infty-n})$  совпадает с функтором  $\pi^{\infty-n}$  на только что указанной подкатегории ограниченных замкнутых подмножеств.

Грузинский политехнический  
институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 16.3.1966)

## 3. ნიკოლაიშვილი

სრულად უწყვეტი ვექტორული ველების სივრცის  
კომპონენტების შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომაში განხილულია  $I-A$  სახის, სადაც  $I$  იგივეური, ხოლო  $A$  საყვე-  
ბით უწყვეტი ოპერატორია, ველების სივრცე გარკვეული ტობოლოგიით.  
მტკიცდება, რომ ამ სივრცის კომპონენტების სიმრავლე ქმნის ჯგუფს, რომე-  
ლიც არის გარკვეული ორადობის თეორემის ობიექტი ბანახის სივრცეში.  
მიღებული თეორემა ნულგანზომილების შემთხვევაში ემთხვევა კურატოვსკის  
ორადობის თეორემას, რომელიც მტკიცდება შრომაში [2], სრულიად სხვა  
გზით.

## დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. Kuratowski. Topologie, vol. 11. Warszawa, 1961.
2. В. В. Николайшвили. Об одном изоморфизме двойственности и продолжении векторных полей в пространстве Банаха. Труды Грузинского политехнического института им. В. И. Ленина 6 (111), 1966.
3. K. Geba. Sur les groupes de cohomotopie dans les espaces de Banach. C. R. Acad. Sci., Paris, 254, 1962, 3293 — 3295.
4. П. С. Александров. Топологические теоремы двойственности, ч. I, II. Труды Матем. ин-та В. А. Стеклова, т. XLVIII, 1955; т. LIV, 1959.
5. G. Chogoshvili. On homology theory of nonclosed sets. General Topology and its Relations. Proc. of the Symposium held in Prague in September, 1961.
6. E. Spanier. Borsuk's cohomotopy groups. Ann. of Math., vol. 50, № 1, 1949.
7. S. T. Hu. Mappings of a normal space into an absolute neighborhood retract. Trans. of the Amer. Math. Soc., 64, 1948, 336—358.
8. А. С. Шварц. К гомотопической топологии банаховых пространств. ДАН СССР, 154, № 1, 1964.
9. В. В. Николайшвили. О взаимосвязи некоторых законов двойственности и классификации векторных полей. Труды Всесоюзного симп. по общей топологии в г. Тирасполе, 1965 (в печати).
10. А. Гротендик. О некоторых вопросах гомотопической алгебры, пер. с англ., М., 1961.
11. K. Geba, A. Granas. Algebraic Topology in Linear Normed Space I, II. Bull. Acad. Pol., vol. XIII, №№ 4, 5, 1965.
12. В. В. Николайшвили. О теореме двойственности Куратовского. Сообщения АН ГССР, XXXV:3, 1964.

Р. В. ГАМКРЕЛИДZE, Г. Л. ХАРАТИШВИЛИ

## ТЕОРИЯ ПЕРВОЙ ВАРИАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 28.10.1966)

В работе изложена аксиоматическая теория экстремальных задач, обобщающая классические вариационные задачи и задачи оптимального управления для функций одной независимой переменной, а также экстремальные задачи, в которых минимизируются некоторые функционалы неинтегрального типа, например функционалы типа максимума. Сформулировано необходимое условие экстремальности (теорема 2), обобщающее необходимые условия экстремальности первого порядка в перечисленных выше задачах.

1°. Основные определения. Пусть  $E_z$  — линейное отделимое топологическое пространство,  $E_q^m$  —  $m$ -мерное пространство,  $\Gamma$  — произвольное подмножество в  $E_z$ ,

$$P: \Gamma \rightarrow E_q^m \quad (1)$$

— непрерывное отображение  $\Gamma$  в  $E_q^m$ .

Будем говорить, что точка  $P(z^*)$ ,  $z^* \in \Gamma$ , существенно покрыта при отображении (1), если существует такая окрестность нуля  $O$  в  $E_q^m$ , что для любого непрерывного отображения

$$R: \Gamma \rightarrow E_q^m, \quad (2)$$

удовлетворяющего условию  $P(z) \in O$ ,  $z \in \Gamma$ , уравнение относительно  $z$

$$P(z) + R(z) - P(z^*) = 0 \quad (3)$$

имеет решение при некотором  $z \in \Gamma$ . Если же для любой окрестности нуля  $O$  существует такое непрерывное отображение (2), что  $R(z) \in O$ ,  $z \in \Gamma$  и уравнение (3) не имеет решения ни при каком  $z \in \Gamma$ , то мы будем говорить, что точка  $P(z^*)$  несущественно покрыта при отображении (1).

Через  $\Phi_{z^*}$  будем обозначать произвольный фильтр в  $E_z$ , мажорирующий фильтр окрестностей точки  $z^* \in E_z$ .

Непрерывное отображение (1) назовем существенным в точке  $z^* \in \Gamma$  по фильтру  $\Phi_{z^*}$ , если для всякого элемента  $W \in \Phi_{z^*}$  точка  $P(z^*)$  существенно покрыта при отображении

$$P: \Gamma \cap W \rightarrow E_q^m. \quad (4)$$

Отображение (1) назовем несущественным в точке  $z^* \in \Gamma$  по фильтру  $\Phi_{z^*}$ , если существует такой элемент  $W \in \Phi_{z^*}$ , что точка  $P(z^*)$  несущественно покрыта при отображении (4).

Следующие три определения являются основными.

Определение 1. Точку  $z^* \in \Gamma$  назовем критической точкой непрерывного отображения (1) по фильтру  $\Phi_{z^*}$ , мажорирующему фильтр окрестностей точки  $z^*$ , если отображение (1) несущественно в точке  $z^*$  по фильтру  $\Phi_{z^*}$ .

Обозначим через  $[\Gamma]$  выпуклую оболочку множества  $\Gamma$ , через  $[z_1, \dots, z_k]$  — выпуклую оболочку точек  $z_1, \dots, z_k$ .

Определение 2. Множество  $\Gamma$  назовем квазивыпуклым, если для любого конечного числа точек  $z_1, \dots, z_k$  из выпуклой оболочки  $[\Gamma]$  и для любой окрестности нуля  $O$  в  $E_z$  существует такое непрерывное отображение

$$\varphi: [z_1, \dots, z_k] \rightarrow \Gamma$$

(вообще говоря, зависящее как от выбора точек  $z_1, \dots, z_k$ , так и от  $O$ ), что  $z - \varphi(z) \in O$  при  $z \in [z_1, \dots, z_k]$ .

Нижеследующее определение 3 является „локальным вариантом“ определения 2.

Определение 3. Множество  $\Gamma$  назовем квазивыпуклым (в точке  $z^*$ ) по фильтру  $\Phi_{z^*}$ , мажорирующему фильтр окрестностей точки  $z^*$ , если существует такой базис фильтра  $\Phi_{z^*}$ , что для любого элемента  $W$  этого базиса множество  $\Gamma \cap W$  квазивыпукло.

Наконец, введем понятие квазилинейного дифференциала непрерывного отображения (1) в заданной точке  $z^* \in \Gamma$ .

Допустим, что отображение (1) представимо в виде

$$P(z^* + \delta z) = P(z^*) + \delta P(\delta z) + 0(\delta z), \quad z^* + \delta z \in \Gamma, \quad (5)$$

где  $\delta P(\delta z)$  и  $0(\delta z)$  удовлетворяют следующим условиям: отображение

$$\delta P = \begin{pmatrix} \delta P^1 \\ \dots \\ \delta P^m \end{pmatrix}: E_z \rightarrow E_q^m$$

определенно и непрерывно во всем пространстве  $E_z$ , причем  $\delta P^1, \dots, \delta P^m$  — линейные функционалы в  $E_z$ , а  $\delta P^1$  — выпуклый, положительно однородный функционал, т. е. удовлетворяющий условиям

$$\delta P^1(\lambda z) = \lambda \delta P^1(z), \quad \lambda \geq 0, \quad z \in E_z,$$

$$\delta P^1(z_1 + z_2) \leq \delta P^1(z_1) + \delta P^1(z_2);$$

отображение  $0(\delta z)$  определено и непрерывно в  $\Gamma - z^*$ , причем если  $E_s^k$ —произвольное конечномерное подпространство в  $E_z$ , то  $0(\delta z)$ , рассматриваемое на множестве  $(\Gamma - z^*) \cap E_s^k$ , удовлетворяет условию

$$\frac{\|0(\delta z)\|}{\|\delta z\|} \rightarrow 0 \text{ при } \delta z \rightarrow 0, \delta z \in (\Gamma - z^*) \cap E_s^k,$$

где  $\|0(\delta z)\|$ ,  $\|\delta z\|$ —произвольные нормы в конечномерных подпространствах  $E_q^m$ ,  $E_s^k$ .

Если все перечисленные условия выполнены, то мы будем говорить, что отображение (1) имеет квазилинейный дифференциал  $\delta P$  в точке  $z^*$ ; если  $\delta P^1$ —линейный функционал, то  $\delta P$  будем называть линейным дифференциалом.

Если множество  $\Gamma$  произвольно, то дифференциал  $\delta P$  не определяется однозначно отображением  $P$ , однако при формулировке теорем 1—2 можно брать любой из дифференциалов отображения  $P$ . В большинстве встречающихся случаев отображение (1) возможно однозначно распространить с  $\Gamma$  на некоторое конечнооткрытое множество  $G \supset \Gamma$  (пересечение  $G$  с произвольным конечномерным подпространством  $E_q^m = E_z$  открыто в  $E_s^k$ ), причем отображение  $P: G \rightarrow E_q^m$  имеет в точке  $z^* \in G$  квазилинейный дифференциал  $\delta P$ , который определен уже однозначно.

Отображение  $P^{(1)}: E_z \rightarrow E_q^m$ :

$$P^{(1)}(z^* + \delta z) = P(z^*) + \delta P(\delta z), \delta z \in E_z,$$

будем называть первым приближением к отображению  $P$  в точке  $z^*$ .

2°. Необходимое условие критичности. Вывод необходимого условия критичности опирается на следующую основную теорему:

**Теорема 1.** Пусть  $z^* \in \Gamma$ —критическая точка отображения (1) по фильтру  $\Phi_{z^*}$ , мажорирующему фильтр окрестностей точки  $z^*$ , пусть  $\Gamma$  квазивыпукло по фильтру  $\Phi_{z^*}$  (в точке  $z^*$ ) и пусть  $P$  имеет в  $z^*$  квазилинейный дифференциал. Тогда найдется такой элемент  $W \in \Phi_{z^*}$ , что точка  $P(z^*)$  не будет внутренней точкой образа  $P^{(1)}(\Gamma \cap W)$  выпуклой оболочки  $[\Gamma \cap W]$  при отображении  $P^{(1)}: [\Gamma \cap W] \rightarrow E_q^m$ , где  $P^{(1)}$ —первое приближение к  $P$  в точке  $z^*$ .

Если предположить дополнительно, что  $P^{(1)}([\Gamma \cap W])$ —выпуклое множество (очевидно это всегда имеет место в случае линейного дифференциала), то через  $P(z^*)$  можно будет провести опорную  $(m-1)$ -мерную плоскость к  $P^{(1)}([\Gamma \cap W])$ .

Следовательно, в этом случае существует такой ненулевой  $m$ -мерный вектор  $\chi$  (ортогональный к опорной гиперплоскости), что для любой точки  $q = P(z^*) + \delta P(\delta z) = P^{(1)}(z^* + \delta z) \in P^{(1)}([\Gamma \cap W])$ ,  $z^* + \delta z \in [\Gamma \cap W]$ , скалярное произведение  $\chi \cdot (q - P(z^*)) = \chi \cdot \delta P(\delta z) \leq 0$ . Из



этого неравенства непосредственно следует основное необходимое условие критичности

$$\chi \cdot \delta P(\delta z) \leq 0, \quad z^* + \delta z \in K_{z^*}(\Gamma \cap W),$$

где через  $K_{z^*}(M)$  обозначается замкнутый конус с вершиной в  $z^*$ , натянутый на множество  $M \subset E_z$ .

Если  $\delta P$ —линейный дифференциал, то, обозначив через  $\delta P^*$  сопряженное отображение, получим необходимое условие критичности в форме принципа максимума:

$$\delta P^*(\chi) \cdot z \leq \delta P^*(\chi) \cdot z^*, \quad z \in K_{z^*}(\Gamma \cap W).$$

3°. Сведение экстремальных задач к отысканию критических точек. Сейчас мы сформулируем в аксиоматической форме те экстремальные задачи, решение которых сводится к отысканию критических точек.

Пусть  $E_v$ —линейное отделимое топологическое пространство,  $D$ —произвольное подмножество в  $E_v$ ,  $q^0(v)$ ,  $q^1(v)$ , ...,  $q^k(v)$ —непрерывные числовые функции на  $D$ . Обозначим через  $T_v$  произвольную топологию, мажорирующую топологию пространства  $E_v$ .

Определение 4. Точку  $v^* \in D$  назовем локальной точкой минимума (максимума) функции  $q^0(v)$  в топологии  $T_v$  при условиях  $q^1(v) = \dots = q^k(v) = 0$ , если  $q^1(v^*) = \dots = q^k(v^*) = 0$  и существует такая окрестность  $O_{v^*}$  точки  $v^*$  в топологии  $T_v$ , что для произвольного  $v \in D \cap O_{v^*}$ , удовлетворяющего уравнениям  $q^1(v) = \dots = q^k(v) = 0$ , справедливо неравенство  $q^0(v^*) \leq q^0(v)$  ( $q^0(v^*) \geq q^0(v)$ ). Точки минимума и максимума будем называть экстремальными точками или экстремальями. Ясно, что всякая экстремальная точка в данной топологии остается экстремальной в любой более сильной топологии; другими словами, чем сильнее топология, тем „слабее“ экстремаль.

Понятие экстремальной точки сводится к понятию критической точки с помощью следующей конструкции.

Пусть  $E_z$ ,  $z = (y, v)$ ,—прямое произведение  $E_v$  на одномерное пространство  $E_y^1$  ( $y$ —скаляр),  $T_z$ —произведение топологии  $T_v$  на естественную топологию пространства  $E_y^1$ ,  $\Gamma$ —прямое произведение  $D$  на полупрямую  $y \geq 0$  ( $y \leq 0$ ). Определим отображение

$$P: \Gamma \rightarrow E_z^{1+k} \quad (8)$$

с помощью формул  $P(z) = (P^0(z), P^1(z), \dots, P^k(z))$ , где

$$P^0(z) = q^0(v) + y - q^0(v^*), \quad P^i(z) = q^i(v), \quad i = 1, \dots, k.$$

Из того, что  $v^* \in D$ —локальная точка минимума (максимума) функции  $q^0(v)$  в топологии  $T_v$  при условиях

$$q^1(v) = \dots = q^k(v) = 0,$$

непосредственно следует, что точка  $z^* = (0, v^*) \in \Gamma$  — критическая точка отображения (8) по фильтру окрестностей точки  $z^*$  в топологии  $T_z$ .

Из теоремы 1 следует

**Теорема 2.** Пусть на подмножестве  $D \subset E_v$  заданы  $1 + k$  непрерывных функций  $q^0, q^1, \dots, q^k$  и пусть  $v^*$  — локальная точка минимума (максимума) функции  $q^0$  в топологии  $T_v$  при условиях  $q^1(v) = \dots = q^k(v) = 0$ . Предположим, что  $D$  квазивыпукло в  $v^*$  по фильтру окрестностей точки  $v^*$  в топологии  $T_v$ ,  $q^0$  имеет в  $v^*$  квазилинейный дифференциал  $\delta q^0$ , а функции  $q^1, \dots, q^k$  — линейные дифференциалы  $\delta q^1, \dots, \delta q^k$ . Тогда найдется такая окрестность  $O_{v^*}$  точки  $v^*$  в топологии  $T_v$  и такой ненулевой  $(1 + k)$ -мерный вектор  $(\chi_0, \chi_1, \dots, \chi_k)$ , удовлетворяющий условию  $\chi_0 \leq 0$  ( $\chi_0 \geq 0$ ), что для любого  $\delta v \in K_{v^*}([D \cap O_{v^*}] - v^*)$  справедливо неравенство

$$\sum_{i=0}^k \chi_i \delta q^i(\delta v) \leq 0.$$

Математический институт  
им. В. А. Стеклова АН СССР

Тбилисский государственный университет  
Проблемная лаборатория прикладной  
математики

(Поступило в редакцию 6.1.1967)

მათემატიკა

რ. ზამყრელიძე, ბ. ხარაბიშვილი

პირველი ვარიაციის თეორია მესტრემალურ ამოცანებში

რეზიუმე

შრომში მოყვანილი ექსტრემალური ამოცანების აქსიომატიური თეორია აწვდის ოპტიმალური მართვისა და ვარიაციათა აღრიცხვის კლასიკურ ამოცანებს ერთი დამოუკიდებელი ცვლადის შემთხვევაში; აგრეთვე, ექსტრემალურ ამოცანებს, რომლებშიც მინიმიზირდება არაინტეგრალური ტიპის (მაგ., მაქსიმუმის ტიპის) ფუნქციონალი. ძირითადი შედეგი წარმოადგენს ექსტრემალობის აუცილებელ პირობას, საიდანაც გამომდინარეობენ ზემოჩამოთვლილი ამოცანებისათვის ექსტრემალობის პირველი რიგის აუცილებელი პირობები.



МАТЕМАТИКА

Р. Ш. ГОНГАДЗЕ

О ПРЕДСТАВЛЕНИИ ЧИСЕЛ ФОРМАМИ

$$x^2 + 3y^2 + 4z^2 + 12t^2 \text{ и } x^2 + 2y^2 + 32z^2 + 32t^2$$

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 1.7.1966)

§ 1. Пусть  $a$  обозначает общее наименьшее кратное произвольных натуральных чисел  $a_1$  и  $a_2$ ;  $r(n; a_1, a_2)$  — число представлений натурального  $n$  формой

$$x^2 + a_1 y^2 + a_2 z^2 + at^2 = \{1, a_1, a_2, a\} \quad (1)$$

в целых числах  $x, y, z, t$ .

Лиувиль [1] показал, что любое нечетное число и любое натуральное число, делящееся на 4, представимы формой  $\{1, 3, 4, 12\}$ . Этот результат он опубликовал без доказательства.

Затем Пеппин [2] получил формулу для числа представлений натурального числа  $n$  формой  $\{1, 3, 4, 12\}$  в том случае, когда  $n \equiv 0 \pmod{4}$  и  $x \equiv y \equiv 1 \pmod{2}$ .

Я. В. Успенский [3] получил формулу для числа представлений натурального числа  $n$  формой  $\{1, 2, 32, 32\}$  в том случае, когда  $n \equiv 3 \pmod{8}$ . Недавно формула Успенского другим методом была получена Л. А. Коганом [4].

В настоящей статье методом работы [5] получены точные формулы для числа представлений любых натуральных  $n$  формами  $\{1, 3, 4, 12\}$  и  $\{1, 2, 32, 32\}$ . Кроме того, в некоторых случаях нам удается выявить арифметический смысл дополнительных членов, входящих в формулы для числа представлений формой  $\{1, 2, 32, 32\}$ .

Положив

$$\vartheta_{gh}(\tau; 0, N) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^{hm} Q^{\frac{1}{8N}(2Nm + g)^2} \quad (2)$$

( $g, h$  — целые числа,  $N$  — натуральное число,  $\tau$  — комплексная переменная с  $\text{Im } \tau > 0$ ,  $Q = \exp(2\pi i \tau)$ ), получим

$$\begin{aligned} \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2a_1) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2a_2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2a) = \\ = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r(n; a_1, a_2) Q^n. \end{aligned} \quad (3)$$



Известно ([6], лемма 2), что

$$\begin{aligned} & \vartheta_{00}(\tau; 0, N) \vartheta_{01}(\tau; 0, N) \vartheta_{N_0}(\tau; 0, N) = \\ & = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^m (2m+1) Q^{\frac{N}{8}(2m+1)^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Теперь положим

$$\Theta(\tau; a_1, a_2) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho(n; a_1, a_2) Q^n, \quad (5)$$

где  $\rho(n; a_1, a_2)$  — сингулярный ряд, соответствующий формам вида (1), который просуммирован в работе [7].

В дальнейшем мы будем пользоваться следующей леммой (см., напр., [5], лемма 2).

Целая модулярная форма  $F(\tau)$  размерности  $-r$ , присоединенная к подгруппе  $\Gamma_0(N)$ , и делителя  $N$  тождественно равна нулю, если ее коэффициенты Фурье

$$A_m = 0 \text{ для всех } m \leq \frac{r}{12} N \prod_{p|N} \left(1 + \frac{1}{p}\right).$$

§ 2. В этом параграфе рассматривается представление чисел формой  $x^2 + 3y^2 + 4z^2 + 12t^2$ .

*Теорема 1. Имеет место тождество*

$$\begin{aligned} & \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 6) \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{00}(\tau; 0, 24) = \Theta(\tau; 3, 4) + \\ & + \frac{1}{2} \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 24) \vartheta_{24,0}(\tau; 0, 24) + \\ & + \frac{1}{2} \vartheta_{00}(\tau; 0, 24) \vartheta_{01}(\tau; 0, 24) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}(\tau; 0, 8). \end{aligned} \quad (6)$$

*Доказательство.* Рассмотрим функцию

$$\begin{aligned} & \psi(\tau; 3, 4) = \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 6) \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{00}(\tau; 0, 24) - \\ & - \Theta(\tau; 3, 4) - \frac{1}{2} \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 24) \vartheta_{24,0}(\tau; 0, 24) - \\ & - \frac{1}{2} \vartheta_{00}(\tau; 0, 24) \vartheta_{01}(\tau; 0, 24) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}(\tau; 0, 8). \end{aligned} \quad (7)$$

Так же как и в лемме 23 работы [5], можно показать, что функция  $\psi(\tau; 3, 4)$  является целой модулярной формой размерности  $-2$ , присоединенной к подгруппе  $\Gamma_0(48)$ , и делителя 48. Следовательно, согласно лемме, функция  $\psi(\tau; 3, 4)$  будет тождественно равна нулю, если в ее

разложении по степеням  $Q$  коэффициенты при  $Q^n$  ( $n \equiv 16$ ) равняются нулю.

В теореме и леммах 1 и 2 работы [7] положим

$$a_1 = 3, a_2 = 4, a = 12, \gamma_1 = 0, \gamma_2 = 2, b_1 = 3, b_2 = 1, b = 3, \\ \bar{l} = 0, \bar{l} = 1, r = 12, \omega = 1, n = 2^\alpha m = 2^\alpha uv, u = \prod_{\substack{p|n \\ p \neq 2}} p^{\nu_p}, v = 3^\beta.$$

Тогда получим

$$\begin{aligned} \rho(n; 3, 4) &= \sigma(u) && \text{при } \alpha = 0, \\ &= 0 && \text{при } \alpha = 1, \\ &= 8\sigma(u) && \text{при } \alpha = 2, \\ &= 3(2^\alpha - 4)\sigma(u) && \text{при } \alpha > 2. \end{aligned} \quad (8)$$

Вычислив значения  $\rho(n; 3, 4)$  для всех  $n \equiv 16$  по формулам (8) и подставив их в (5), получим

$$\begin{aligned} \Theta(\tau; 3, 4) &= 1 + Q + Q^3 + 8Q^4 + 6Q^5 + 8Q^7 + 12Q^8 + \\ &+ Q^9 + 12Q^{11} + 8Q^{12} + 14Q^{13} + 6Q^{15} + 36Q^{16} + \dots \end{aligned} \quad (9)$$

Из (2) следует

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_{00}(\tau; 0, 2) \mathfrak{P}_{00}(\tau; 0, 6) \mathfrak{P}_{00}(\tau; 0, 8) \mathfrak{P}_{00}(\tau; 0, 24) &= 1 + 2Q + \\ &+ 2Q^3 + 8Q^4 + 4Q^5 + 8Q^7 + 12Q^8 + 2Q^9 + 8Q^{11} + 8Q^{12} + \\ &+ 12Q^{13} + 4Q^{15} + 36Q^{16} + \dots, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_{00}(\tau; 0, 8) \mathfrak{P}_{01}(\tau; 0, 8) \mathfrak{P}_{01}(\tau; 0, 24) \mathfrak{P}_{3,0}(\tau; 0, 24) &= \\ &= 2Q^3 - 8Q^{11} - 4Q^{15} + 8Q^{19} + \dots, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_{00}(\tau; 0, 24) \mathfrak{P}_{01}(\tau; 0, 24) \mathfrak{P}_{01}(\tau; 0, 8) \mathfrak{P}_{80}(\tau; 0, 8) &= \\ &= 2Q - 4Q^5 + 2Q^9 - 4Q^{13} + 4Q^{17} + \dots \end{aligned} \quad (12)$$

Приняв во внимание (7) и (9) — (12), нетрудно проверить, что все коэффициенты при  $Q^n$  ( $n \equiv 16$ ) в разложении  $\phi(\tau; 3, 4)$  по степеням  $Q$  равны нулю. Итак, тождество (6) доказано.

**Теорема 1а.** Пусть  $n = 2^\alpha 3^\beta u$ ,  $(u, 6) = 1$ . Тогда

$$\begin{aligned} r(n; 3, 4) &= \sigma(u) + \frac{1}{2} \nu_1(n) && \text{при } \alpha = 0, n \equiv 1 \pmod{4}, \\ &= \sigma(u) + \frac{1}{2} \nu_2(n) && \text{при } \alpha = 0, n \equiv 3 \pmod{4}, \\ &= 0 && \text{при } \alpha = 1, \\ &= 8\sigma(u) && \text{при } \alpha = 2, \\ &= 3(2^\alpha - 4)\sigma(u) && \text{при } \alpha > 2, \end{aligned}$$

где  $v_1(n)$  и  $v_2(n)$  обозначают коэффициенты при  $Q^n$  в разложениях функций

$$\vartheta_{00}(\tau; 0, 24) \vartheta_{01}(\tau; 0, 24) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}(\tau; 0, 8)$$

и

$$\vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{00}(\tau; 0, 24) \vartheta_{24,0}(\tau; 0, 24)$$

по степеням  $Q$ .

Доказательство. В работе [8] (формулы (41) и (51)) показано, что  $v_1(n) = 0$  при  $n \not\equiv 1 \pmod{4}$ , а  $v_2(n) = 0$  при  $n \not\equiv 3 \pmod{4}$ . Следовательно, утверждаемое следует из теоремы 1, (3), (5) и (8).

§ 3. В этом параграфе рассматривается представление чисел формой  $x^2 + 2y^2 + 32z^2 + 32t^2$ .

Теорема 1. *Имеет место тождество*

$$\begin{aligned} & \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 64) = \Theta(\tau; 2, 32) + \\ & + \frac{1}{4} \vartheta_{00}(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}(\tau; 0, 8) + \\ & + \frac{1}{2} \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16) \vartheta_{16,0}(\tau; 0, 16) + \\ & + \frac{1}{2} \vartheta_{80}(\tau; 0, 8) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16). \end{aligned} \quad (13)$$

Доказательство. Рассмотрим функцию

$$\begin{aligned} \psi(\tau; 2, 32) &= \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 64) - \Theta(\tau; 2, 32) - \\ & - \frac{1}{4} \vartheta_{00}(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}(\tau; 0, 8) - \\ & - \frac{1}{2} \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16) \vartheta_{16,0}(\tau; 0, 16) - \\ & - \frac{1}{2} \vartheta_{80}(\tau; 0, 8) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16). \end{aligned} \quad (14)$$

Так же как и в лемме 23 работы [5], можно показать, что функция  $\psi(\tau; 2, 32)$  является целой модулярной формой размерностью  $-2$ , присоединенной к подгруппе  $\Gamma_0(128)$ , и делителя 128. Следовательно, согласно лемме, функция  $\psi(\tau; 2, 32)$  будет тождественно равна нулю, если в ее разложении по степеням  $Q$  коэффициенты при  $Q^n$  ( $n \leq 32$ ) равняются нулю.

В теореме и лемме 1 работы [7] положим

$$a_1 = 2, \quad a_2 = 32, \quad a = 32, \quad \gamma_1 = 1, \quad \gamma_2 = 5, \quad b_1 = 1, \quad b_2 = 1, \quad b = 1,$$

$$n = 2^s m = 2^s u v, \quad u = \prod_{\substack{p|n \\ p>2}} p^{\beta}, \quad v = 1.$$

Тогда получим

$$\begin{aligned} \rho(n; 2, 32) &= \left\{ 1 + \left( \frac{-2}{u} \right) \right\} 2^{\alpha-2} \sum_{d_1 d_2 = u} \left( \frac{2}{d_1} \right) d_2 \text{ при } \alpha = 0, 1, 2, \\ &= 2 \sum_{d, d_2 = u} \left( \frac{2}{d_1} \right) d_2 \text{ при } \alpha = 3, \\ &= \left\{ 2^{\alpha-2} - 2 \left( \frac{2}{u} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left( \frac{2}{d_1} \right) d_2 \text{ при } \alpha \equiv 4. \end{aligned} \quad (15)$$

Вычислив значения  $\rho(n; 2, 32)$  для всех  $n \leq 32$  по формулам (15) и подставив их в (5), получим

$$\begin{aligned} \theta(\tau; 2, 32) &= 1 + \frac{1}{2} Q + Q^2 + Q^3 + 2Q^4 + 2Q^5 + 2Q^6 + \\ &+ \frac{7}{2} Q^9 + 5Q^{11} + 4Q^{12} + 2Q^{16} + 9Q^{17} + 7Q^{18} + 9Q^{19} + \\ &+ 10Q^{23} + 4Q^{24} + \frac{21}{2} Q^{25} + 10Q^{27} + 6Q^{32} + \dots \end{aligned} \quad (16)$$

Из (2) следует

$$\begin{aligned} \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 4) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 64) &= 1 + 2Q + 2Q^2 + 4Q^3 + \\ &+ 2Q^4 + 4Q^5 + 2Q^6 + 6Q^9 + 4Q^{11} + 4Q^{12} + 2Q^{16} + 4Q^{17} + \\ &+ 6Q^{18} + 4Q^{19} + 4Q^{22} + 4Q^{24} + 2Q^{25} + 8Q^{27} + 6Q^{32} + \dots, \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 4) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 8) \mathfrak{F}_{01}(\tau; 0, 8) \mathfrak{F}_{80}(\tau; 0, 8) &= 2Q + \\ &+ 4Q^2 - 2Q^9 - 12Q^{11} - 12Q^{17} + 4Q^{19} + 10Q^{25} + 8Q^{27} + \dots, \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \mathfrak{F}_{80}(\tau; 0, 8) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 16) \mathfrak{F}_{01}(\tau; 0, 16) &= 2Q + \\ &+ 6Q^9 - 4Q^{17} - 22Q^{25} + \dots, \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 16) \mathfrak{F}_{01}(\tau; 0, 16) \mathfrak{F}_{16;0}(\tau; 0, 16) &= 2Q^2 + 4Q^3 + \\ &+ 4Q^6 + 4Q^{11} - 2Q^{18} - 12Q^{19} - 12Q^{22} - 8Q^{27} + \dots \end{aligned} \quad (20)$$

Приняв во внимание (14) и (16) — (20), нетрудно проверить, что все коэффициенты при  $Q^n$  ( $n \leq 32$ ) в разложении  $\psi(\tau; 2, 32)$  по степеням  $Q$  равны нулю. Итак, тождество (13) доказано.

**Теорема 2а.** Пусть  $n = 2^\alpha u$ ,  $(u, 2) = 1$ . Тогда

$$\begin{aligned} r(n; 2, 32) &= \frac{1}{2} \sum_{d_1 d_2 = u} \left( \frac{2}{d_1} \right) d_2 + \frac{1}{4} v_1(n) + \frac{1}{2} v_2(n) \\ &\quad \text{при } \alpha = 0, \quad n \equiv 1 \pmod{8}, \\ &= \frac{1}{2} \sum_{d_1 d_2 = u} \left( \frac{2}{d_1} \right) d_2 + \frac{1}{4} v_1(n) + \frac{1}{2} v_3(n) \\ &\quad \text{при } \alpha = 0, \quad n \equiv 3 \pmod{8}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \sum_{d, d_2=u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2 \text{ при } \alpha=2, u \equiv 1, 3 \pmod{8} \text{ и при } \alpha=3, \\
 &= 0 \quad \text{при } \alpha=0, 2, \text{ а } u \equiv 5, 7 \pmod{8} \\
 &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \left(\frac{-2}{u}\right) \right\} \sum_{d_1, d_2=u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2 + \frac{1}{2} \nu_3(n) \text{ при } \alpha=1, \\
 &= \left\{ 2^{\alpha-2} - 2 \left(\frac{2}{u}\right) \right\} \sum_{d_1, d_2=u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2 \text{ при } \alpha \equiv 4,
 \end{aligned}$$

где

$$\nu_1(n) = 2 \sum_{\substack{n=2r^2+s^2 \\ 2 \nmid s, s>0}} (-1)^{\frac{s-1}{2}} s, \quad \nu_3(n) = 2 \sum_{\substack{n=r^2+2s^2 \\ 2 \nmid s, s>0}} (-1)^{\frac{s-1}{2}} s,$$

а  $\nu_2(n)$  обозначает коэффициент при  $Q^n$  в разложении функции  $\vartheta_{80}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}^3(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16)$  по степеням  $Q$ .

Доказательство. Приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях  $Q$  в обеих частях тождества (13) и принимая во внимание (3) и (5), получаем

$$r(n; 2; 32) = \rho(n; 2, 32) + \frac{1}{4} \nu_1(n) + \frac{1}{2} \nu_2(n) + \frac{1}{2} \nu_3(n), \quad (21)$$

где  $\nu_1(n)$ ,  $\nu_2(n)$  и  $\nu_3(n)$  соответственно обозначают коэффициенты при  $Q^n$  в разложениях функций

$$\vartheta_{00}(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}(\tau; 0, 8),$$

$$\vartheta_{80}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}^3(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16)$$

и

$$\vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16) \vartheta_{16,0}(\tau; 0, 16)$$

по степеням  $Q$ .

Из (2) и (4) следует

$$\begin{aligned}
 &\vartheta_{00}(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta_{01}(\tau; 0, 8) \vartheta_{80}(\tau; 0, 8) = \\
 &= \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} Q^{2m_1^2} \cdot \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} (-1)^{m_2} (2m_2+1) Q^{(2m_2+1)^2} = \\
 &= \sum_{m_1, m_2=-\infty}^{\infty} (-1)^{m_2} Q^{2m_1^2 + (2m_2+1)^2},
 \end{aligned}$$

$$\vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16) \vartheta_{16,0}(\tau; 0, 16) =$$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} Q^{m_1^2} \cdot \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} (-1)^{m_2} (2m_2 + 1) Q^{2(2m_2+1)^2} = \\
 &= \sum_{m_1, m_2=-\infty}^{\infty} (-1)^{m_2} Q^{m_1^2 + 2(2m_2+1)^2},
 \end{aligned}$$

откуда

$$\begin{aligned}
 v_1(n) &= 2 \sum_{\substack{n=2r^2+s^2 \\ 2+s, s>0}} (-1)^{\frac{s-1}{2} s}, \\
 v_2(n) &= 2 \sum_{\substack{n=r^2+2s^2 \\ 2+s, s>0}} (-1)^{\frac{s-1}{2} s}
 \end{aligned} \tag{22}$$

Очевидно, что

$$v_1(n) = 0 \text{ при } 2|n \text{ и при } n \equiv 5, 7 \pmod{8}, \tag{23}$$

$$v_2(n) = 0 \text{ при } 4|n \text{ и при } n \equiv 1, 5, 7 \pmod{8}.$$

Из (2) следует

$$\begin{aligned}
 &\vartheta_{80}(\tau; 0, 8) \vartheta_{16}^2(\tau; 0, 16) \vartheta_{01}(\tau; 0, 16) = \\
 &= Q \sum_{m_1, m_2, m_3, m_4=-\infty}^{\infty} (-1)^{m_1} Q^{4\{m_1(m_1+1) + 2(m_2^2 + m_3^2 + m_4^2)\}}.
 \end{aligned}$$

т. е.

$$v_2(n) = 0 \text{ при } n \not\equiv 1 \pmod{8}. \tag{24}$$

Из (21), (15), (22) — (24) следует утверждаемое.

Тбилисский государственный  
университет

(Поступило в редакцию 1.7.1966)

მათემატიკა

რ. ლონდაძე

რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ  $x^2 + 3y^2 + 4z^2 + 12t^2$   
და  $x^2 + 2y^2 + 32z^2 + 32t^2$  ფორმებით

რეზიუმე

შრომაში მიღებულია ფორმულები ნატურალური რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობისათვის  $x^2 + 3y^2 + 4z^2 + 12t^2$  და  $x^2 + 2y^2 + 32z^2 + 32t^2$  კვადრატული ფორმებით.

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. Liouville. Sur la forme  $x^2+3y^2+4z^2+12t^2$ . Journal de Mathématiques, ser. 2, 6, 1861, 135—136.
2. P. Pepin. Sur quelques formes quadratiques quaternaires. Journal de Mathématiques, ser. 4, 6, 1890, 5—57.
3. Я. В. Успенский. О числе представлений чисел некоторыми квадратичными формами с четырьмя и шестью переменными. Сообщения Харьковского математического общества, сер. 2, 15, 1916, 81—147.
4. Л. А. Коган. О представлении чисел некоторыми квадратичными формами с четырьмя переменными. III. Известия АН Узбекской ССР, 2, 1965, 5—10.
5. Г. А. Ломадзе. О представлении чисел некоторыми квадратичными формами с шестью переменными. Труды Тбилисского гос. ун-та, 117, 1966, 7—43.
6. Г. А. Ломадзе. К арифметическому смыслу некоторых коэффициентов. Сообщения АН Грузинской ССР, 41:2, 1966, 257—263.
7. Р. Ш. Гонгадзе. О суммировании сингулярного ряда, связанного с некоторыми кватернарными квадратичными формами. Труды Тбилисского гос. ун-та, 84, 1962, 239—260.
8. Г. А. Ломадзе. О представлении чисел некоторыми кватернарными формами. Труды Тбилисского гос. ун-та, 110, 1965, 163—180.

Г. Б. БУКИЯ

## К ВОПРОСУ МУЛЬТИПРОГРАММНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 4.8.1966)

В статье рассматриваются достаточные условия для одновременной работы совокупности каналов ввода и вывода информации с вычислительной частью системы обработки информации.

Рассмотрим одновременную работу вычислительной части системы обработки информации с некоторым набором  $\sigma$ , каналов ввода первичной информации и вывода результатов обработки при мультипрограммной организации работы системы и выведем некоторые условия возможности указанного вида работы [1].

Связь каналов, по которым поступает считанная с объекта информация, с вычислителем осуществляется посредством некоторого узла обмена. Через узел обмена с вычислителем связываются также внешние накопители, печатающие и графические устройства, перфокартные и перфоленточные устройства ввода и вывода, пульта управления и т. д.

Перечисленные устройства можно рассматривать и как каналы с теми или иными частотами поступления информации. Основным блоком узла обмена является блок приоритетного ввода и вывода, причем приоритеты на засылку или выборку числа из оперативной памяти распределяются в соответствии с частотами вводимой или выводимой информации. На время пересылки слова происходит приостановка обращения арифметического устройства и устройства управления вычислителя к оперативной памяти машины.

Пусть набор  $\sigma$  состоит из  $p$  каналов, ввода и вывода из общего количества  $L$ .

Каждому каналу набора припишем номер с индексом 1 для каналов ввода и с индексом 2 для каналов вывода. Положим, что из общего количества  $n$  работающих каналов  $m$  каналов являются вводными, тогда нумерация каналов будет иметь вид

$$1\sigma_1, 2\sigma_1, 3\sigma_1, \dots, m\sigma_1, (m+1)\sigma_2, \dots, n\sigma_2.$$



Выделим в оперативной памяти системы четыре области с соответственной нумерацией I, II, III, IV. Каждую область разобьем на  $m$  массивов, однозначно связывая каждый массив области с некоторым каналом из набора  $\sigma_1$ . Для произвольного канала с номером  $i_{\sigma_1} | i_{\sigma_1} = 1_{\sigma_1}, 2_{\sigma_1}, \dots, m_{\sigma_1} |$  осуществим следующий режим работы.

Информация, поступающая из канала, накапливается в массиве  $(i_{\sigma_1} I)$ , после заполнения массива  $(i_{\sigma_1} I)$  начинается его обработка, а информация продолжает накапливаться в массиве  $(i_{\sigma_1} II)$ . В течение работы с каналом  $i_{\sigma_1}$  массивы  $(i_{\sigma_1} I)$  и  $(i_{\sigma_1} II)$  меняются ролями.

Результаты обработки накапливаются в массиве  $(i_{\sigma_1} III)$  и после его заполнения выдаются в канал  $j_{\sigma_2}$ , а накопление результатов обработки осуществляется в массиве  $(i_{\sigma_1} IV)$ .

Массивы  $(i_{\sigma_1} III)$  и  $(i_{\sigma_1} IV)$  также меняются ролями в течение работы с  $i_{\sigma_1}$ -м каналом.

Очевидно, что величина массива  $(i_{\sigma_1} I)$  должна быть равна величине массива  $(i_{\sigma_1} II)$ , а величина массива  $(i_{\sigma_1} III)$  — величине массива  $(i_{\sigma_1} IV)$ .

При алгоритме первичной обработки со сжатием информации величина второй пары массивов может быть существенно меньше величины первой пары.

Разбиение на четыре области необходимо для простоты временного согласования процесса вычислений и работы с каналами, имеющими строго детерминированные времена обмена (считывания или выдачи) информацией.

Пусть под область I выделяется оперативная память, равная по объему величине  $A\sigma$ . Обозначив объемы массивов  $(i_{\sigma_1} I)$  через  $x_i$ , получим условие

$$x_1 + x_2 + \dots + x_m \leq A\sigma. \quad (1)$$

Причем из алгоритмической связности информации будем иметь

$$x_i \geq a_i, \quad (2)$$

где  $a_i$  — некоторые постоянные.

Если  $\alpha$  — время формирования (при прерывании) нужного адреса, запоминания и восстановления прерванного хода вычислений, формирования и определения количества засланных или выданных слов и других операций, связанных с формированием или „расформированием“ (при выдаче) массива,  $R_i$  — коэффициент сжатия при обработке,  $\beta$  — максимальное время для определения следующей программы и переключения на нее для определения возможности подключения к набору нового канала,  $T_{j_i}(x_i)$  — время собственно обработки  $j_i$ -го участка величиной  $x_i$ , последовательности данных, поступающих по  $i$ -му каналу

(здесь и в дальнейшем индекс  $\sigma$  при  $i$  опускаем не забывая, однако, что речь идет о некотором наборе каналов из общего имеющегося количества), то время обработки  $j_i$ -го участка, распределенного во времени массива информации  $i$ -го канала, будет равно

$$\gamma_{ij_i} = \beta + \alpha x_i (1 + R_i) + T_{j_i}(x_i) \quad (3)$$

и требуемое время  $T_{j_1 \dots j_m, r_1 \dots r_m}$  при обработке группы  $r_i$  последовательных участков для каждого канала совокупности будет иметь вид

$$T_{j_1 \dots j_m, r_1 \dots r_m} = \sum_{i=1}^m [\gamma_{i, j_i} + \gamma_{i, j_i + 1} + \dots + \gamma_{i, j_i + (r_i - 1)}] \quad (4)$$

Для согласования частоты поступления информации и времени обработки необходимо выполнение условия

$$\bar{f}_{1\sigma} \leq \frac{1}{\max_{j_1 \dots j_m} T_{j_1 \dots j_m, r_1 \dots r_m}} \cdot \overline{rx}, \quad (5)$$

где  $\bar{f}_{1\sigma}$  — вектор с компонентами  $[f_{1\sigma}, f_{2\sigma}, \dots, f_{m\sigma}]$  и  $\overline{rx}$  — вектор с компонентами  $[r_{1\sigma} \cdot x_1, r_{2\sigma} \cdot x_2, \dots, r_{m\sigma} \cdot x_m]$ , но

$$\max_{j_1 \dots j_m, r_1 \dots r_m} T_{j_1 \dots j_m, r_1 \dots r_m} = \sum_{i=1}^m r_i \max_{j_i} \gamma_{ij_i} = \sum_{i=1}^m r_i (\beta + \mu x_i (1 + R_i) + \omega_i x_i). \quad (6)$$

Можно считать, что при  $x_i \geq a_i$  максимально возможное время первичной обработки участка  $x_i$  при данном алгоритме восстановления измерительной информации пропорционально  $x_i$ , тогда условие (5) можно записать в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^m c_i r_i x_i - \frac{r_i}{f_i} x_i + \sum_{i=1}^m r_i \beta \leq 0, \quad (7)$$

где

$$c_i = \alpha (1 + R_i) + \omega_i \quad (i = 1, \dots, m).$$

Таким образом, приходим к следующей постановке задачи: если существует набор целых положительных чисел  $[r_1, \dots, r_m]$  и набор целых положительных чисел  $[x_1, \dots, x_m]$ , удовлетворяющих системе неравенств

$$x_i \geq a_i \quad |i = 1, 2, \dots, m|,$$

$$\sum_{i=1}^m x_i \leq A\sigma,$$

$$\left[ \left( c_1 - \frac{1}{f_1} \right) x_1 + \beta \right] r_1 + (c_2 x_2 + \beta) r_2 + \dots + (c_m x_m + \beta) \cdot r_m \leq 0, \quad (8)$$

$$(c_1 x_1 + \beta) r_1 + (c_2 x_2 + \beta) \cdot r_2 + \dots + \left[ \left( c_m - \frac{1}{f_m} \right) \cdot x_m + \beta \right] \cdot r_m \leq 0,$$

то вычислительная система позволяет работать с данным набором вводных каналов, при этом частота выдачи информации должна быть равна выражению

$$\bar{f}_{2\sigma} = \overline{R f_{1\sigma}}, \quad (9)$$

где вектор  $\overline{R f_{1\sigma}}$  имеет компонентами набор

$$[R_1 f_{1\sigma}, R_2 f_{2\sigma}, \dots, R_m f_{m\sigma}].$$

Решение системы неравенств определит возможность параллельной обработки информации, поступающей по каналам, позволит определить распределение памяти для каналов и число обрабатываемых участков тех или иных каналов за время  $T_{j_1 \dots j_m, r_1 \dots r_m}$ .

Возможность работы с вычислительной системой тех или иных наборов каналов может быть заранее просчитана и введена в память в виде чисел — индексов допустимых наборов. Если все комбинации каналов перенумеровать последовательно, то определение возможности подключения того или иного набора сведется к сравнению индекса набора со всеми индексами допустимых наборов, т. е. если имеем  $L$  каналов, то будет  $2^L$  различных сочетаний, и если из них имеем  $2^M$  допустимых сочетаний, где  $M \leq L$ , то число сравнений  $m$  будет меньше или равно  $M$ :

$$n \leq M. \quad (10)$$

Выведем достаточные условия параллельной работы набора каналов с вычислительной системой.

Из неравенств (8) имеем

$$\sum_{i=1}^m r_i (\beta + c_i x_i) \leq \frac{r_i x_i}{f_i} \quad (i = 1, \dots, m). \quad (11)$$

Если область  $A_\sigma$  разбить на массивы  $x_i$ , пропорциональные по величине частотам поступления записываемых в них слов, то

$$x_i = f_i \cdot E \left[ \frac{A_\sigma}{\sum_{i=1}^m f_i} \right]. \quad (12)$$

Считаем, что частота поступления информации  $f_i$ , выраженная в гц, принимает только целочисленные значения, что соответствует техническим характеристикам устройств ввода и вывода.

Считаем, также, что такое разбиение возможно, т. е. что величина области  $A\sigma$  удовлетворяет условию

$$E \left[ \frac{A\sigma}{\sum_{i=1}^m f_i} \right] \geq \frac{a_i}{f_i}, \quad (13)$$

т. е.

$$\frac{A\sigma}{\sum_{i=1}^m f_i} \geq \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} (i = 1, \dots, m),$$

откуда

$$A\sigma \geq \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \cdot \sum_{i=1}^m f_i. \quad (14)$$

Систему неравенств запишем, подставив значения  $x_i$  с учетом выражения (14):

$$x_i = f_i \cdot \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\}. \quad (15)$$

Взяв минимально возможное значение области  $A\sigma$ , будем иметь

$$\sum_{i=1}^m r_i \left( \beta + c_i f_i \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \right) \leq r_i \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\}. \quad (16)$$

Для  $r_i$  можно ввести выражение

$$r_i = E \left[ \frac{\max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\}}{\left( \beta + c_i f_i \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \right) \cdot m} \right], \quad (17)$$

т. е.

$$r_i = \frac{\max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\}}{\left( \beta + c_i f_i \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \right) \cdot m} - \frac{b}{\left( \beta + c_i f_i \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \right) \cdot m}, \quad (18)$$

где

$$0 \leq b < \left( b + c_i f_i \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \right) \cdot m. \quad (19)$$

Подставим выражение (18) для  $r_i$  в левую часть (16), тогда будем иметь

$$\sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \left( \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} - b \right) = \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} - b, \quad (20)$$

и если  $r_i$  по формуле (17) не равно нулю, то, так как  $b$  не отрицательное число, неравенство (16) будет выполнимо. Действительно,

$$\max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} - b \leq r_i \cdot \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\}. \quad (21)$$

Следовательно, если все  $r_i$  отличны от нуля, то данный набор каналов может работать параллельно с вычислительной системой, причем необходим следующий объем оперативной памяти. Для областей I и II

$$A_{\sigma \text{ I II}} = 2 \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \sum_{i=1}^m f_i. \quad (22)$$

Для областей III и IV

$$A_{\sigma \text{ III IV}} = 2 \cdot \sum_{i=1}^m x_i R_i = 2 \cdot \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \sum_{i=1}^m R_i f_i. \quad (23)$$

И общая буферная память (за исключением рабочих ячеек для промежуточных результатов)

$$A = 2 \cdot \max_i \left\{ \frac{a_i}{f_i} \right\} \sum_{i=1}^m (1 + R_i) f_i. \quad (24)$$

Таким образом, при наличии требуемой буферной памяти  $A$  достаточным условием возможности параллельной работы рассмотренного набора каналов будет отличие от нуля всех  $r_i$ , т. е.

$$\prod_{i=1}^m r_i \neq 0. \quad (25)$$

Если вычислительная система не обеспечивает возможности параллельной работы с данным набором каналов, но такая работа все же желательна, то необходимо или повысить производительность машины, что выразится в уменьшении  $\beta$  и  $c_i$  в знаменателе выражения (17) для  $r_i$ , или уменьшить частоту поступления информации. Для второго случая, исходя из условия (5), получим достаточную величину коэффициента уменьшения частоты  $k_{i\sigma}$  поступления информации по каналу  $i\sigma$ .

Положим  $x_i = a_i$ ,  $r_i = 1$  ( $i = 1, \dots, m$ ), тогда, если  $f_{i\sigma_0}$  — начальная частота, а  $f_{i\sigma_1}$  — уменьшенная, необходимо, чтобы

$$f_{i\sigma 1} = k_{i\sigma} \cdot f_{i\sigma 0} \leq \frac{a_i}{\sum_{i=1}^m (\beta + c_i a_i)}, \quad (26)$$

откуда

$$k_{i\sigma} \leq \frac{a_i}{f_{i\sigma 0} \cdot \sum_{i=1}^m (\beta + c_i a_i)}. \quad (27)$$

Тбилисский институт приборостроения и  
средств автоматизации

(Поступило в редакцию 4.8.1966)

კიბერნეტიკა

ა. ბაჰია

გამომთვლელი სისტემის მუშაობის მულტიპროგრამული  
ორგანიზაციის საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

სტატიაში განხილულია სისტემის გამოთვლით ნაწილთან ინფორმაციების შემყვანი და გამოყვანი არხების ერთობლივობის ერთდროული მუშაობის საკმარისი პირობები, როდესაც ინფორმაციები წარმოდგენენ რაიმე ობიექტზე წარმოებული გაზომვების შედეგებს. მითითებული პირობები მოიცემა უტოლობათა სისტემის სახით, რომელიც გადაწყვეტილია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც არხების შესაბამისი მეხსიერების მასივების მოცულობები ამ არხებში ინფორმაციების მიწოდების სიხშირის პროპორციულია.

მითითებული შემთხვევისათვის მიღებულია გამოსახულებები შეყვანის შეყენების კოეფიციენტებისათვის (რომლებიც უზრუნველყოფენ საკმარისი პირობების შესრულებას) და გამოსახულებები მახსოვრობის მოცულობებისათვის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование сверхбыстродействующих систем „Стрелч“. Под ред. В. Бухгольца, изд. „МИР“, М., 1965.

Г. А. МАЧАВАРИАНИ

## СТАБИЛИЗАЦИЯ СИГНАЛА ДАТЧИКА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ ТРАКТОРА

(Представлено академиком Р. Р. Двали 9.11.1966)

Использование фотооптического датчика для автоматизации процесса вождения тракторного агрегата во время пахоты требует обеспечения устойчивой работы датчика в широком диапазоне освещенностей [1].

Допустимый диапазон входных напряжений электронного блока, на входы которого поступают сигналы с датчика, меньше диапазона световых освещенностей, при которых работает система автоматического вождения. Поэтому появляется необходимость стабилизации выходного сигнала датчика, т. е. уменьшения влияния освещенности на величину сигнала, вырабатываемого датчиком.

Положительного результата можно добиться подбором величины сопротивления нагрузки в цепи фоточувствительных элементов датчика. Для определения необходимой величины сопротивления нагрузки рассмотрим схему на рис. 1. Здесь  $U$ —величина напряжения питания схемы,  $R_n$ —сопротивление нагрузки фоточувствительного элемента,  $U_{\text{вых}}$ —величина выходного сигнала.

Принцип уменьшения влияния освещенности на величину выходного сигнала заключается в следующем. Если взять производную по освещенности  $E$  от величины выходного сигнала, то получится выражение, характеризующее световую чувствительность схемы. Требуется, чтобы чувствительность схемы убывала с увеличением освещенности, т. е.

чтобы произведение  $E \frac{dU_{\text{вых}}}{dE}$  было постоянным.

Условие постоянства  $E \frac{dU_{\text{вых}}}{dE}$  дает

$$\left( E \frac{dU_{\text{вых}}}{dE} \right)' = 0. \quad (1)$$

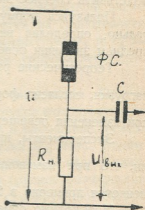


Рис. 1

Таким образом, необходимо величину  $R_{н}$  рассчитать таким образом, чтобы имело место условие (1).

Согласно схеме на рис. 1 можно написать

$$U_{\text{вых}} = \frac{UR_{н}}{R_{н} + R_{\phi}(E)},$$

где  $R_{\phi}(E)$ —внутреннее сопротивление фоточувствительного элемента.

Положим, что величина внутреннего сопротивления фоточувствительного элемента, например фотосопротивления, являющаяся функцией освещенности, задана как

$$R_{\phi}(E) = \frac{\alpha}{E}, \quad (2)$$

где  $\alpha$ —некоторый коэффициент, характеризующий чувствительность фоточувствительного элемента.

Тогда для  $R_{н}$  после некоторых математических преобразований получим выражение

$$R_{н} = \frac{\alpha}{E}. \quad (3)$$

Сравнивая выражения (2) и (3), легко заметить, что

$$R_{н} = R_{\phi}(E). \quad (4)$$

Полученные выражения (3) и (4) показывают, что условие (1) выполняется не во всем диапазоне освещенностей, а лишь в одной точке. Поэтому при расчете сопротивления нагрузки в формулу (3) необходимо подставить среднее значение освещенности  $E_{\text{ср}}$ .

Пользуясь формулой (4), можно определить величину экспериментально, определив внутреннее сопротивление фотосопротивления при среднем значении освещенности.

Теоретические расчеты показывают, что при выборе сопротивления нагрузки, согласно формуле (3), произведение  $E \frac{dU_{\text{max}}}{dE}$  меняется в 3 раза при изменении освещенности в 100 раз.

Эксперименты, проведенные на фотосопротивлении ФКС-1, показали, что при изменении освещенности в 30 раз произведение  $E \frac{dU_{\text{max}}}{dE}$  меняется примерно в 2 раза.

Необходимо отметить, что описанный способ выбора сопротивления нагрузки фоточувствительного элемента вызывает нелинейные искажения выходного сигнала в силу нелинейности световой характеристики схемы.

Однако, так как требования к сохранению формы сигнала невысоки, вызываемые нелинейные искажения вполне приемлемы.



Другой способ уменьшения влияния освещенности заключается в следующем. Весь световой диапазон работы датчика разбивается на два участка. Соответственно двух типов, различающихся по чувствительности, выбираются фоточувствительные элементы, устанавливаемые в камере датчика.

Для участка высоких освещенностей устанавливаются фоточувствительные элементы низкой чувствительности, а для участка малых освещенностей — фоточувствительные элементы высокой чувствительности.

Фоточувствительные элементы устанавливаются в камере в линию, причем элементы с низкой и высокой чувствительностью чередуются.

Группа элементов низкой чувствительности объединена параллельно, и для нее подсчитывается одно общее сопротивление нагрузки при выполнении условия (3).

Аналогично объединяется группа элементов высокой чувствительности, и для нее определяется сопротивление нагрузки по формуле (3).

Напряжение, снимаемое с сопротивлений нагрузки групп элементов низкой и высокой чувствительности, суммируется на сопротивлении  $R_c$  по схеме, приведенной на рис. 2. В схеме транзисторы  $T_1$  и  $T_2$  выполняют роль эмиттерных повторителей с общим сопротивлением в цепи эмиттеров.

Принцип действия схемы заключается в следующем. При работе датчика в условиях больших освещенностей группа фоточувствительных элементов высокой чувствительности попадает в насыщение, вследствие чего величина сигнала на сопротивлении нагрузки  $R_{н2}$  мала. Ввиду того что коэффициент усиления эмиттерного повторителя по напряжению близок к единице, величина сигнала, создаваемая группой фоточувствительных элементов высокой чувствительности, на суммирующем сопротивлении будет мала. Однако в это время сигнал с группы фоточувствительных элементов низкой чувствительности будет нормальной величины, так как ввиду низкой чувствительности они не попадают в режим насыщения.

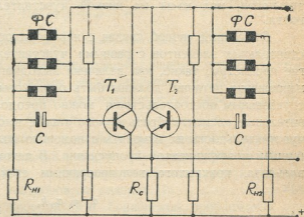


Рис. 2

Таким образом, в условиях высокой освещенности сигнал на выходе схемы, снимаемый с сопротивления  $R_c$ , будет образован за счет группы фоточувствительных элементов низкой чувствительности.

В условиях малой освещенности выходной сигнал образуется за счет группы фоточувствительных элементов высокой чувствительности, так как она при этом работает в ненасыщенном режиме и на сопротивлении  $R_{н2}$  имеем сигнал нормальной величины, в то время как сигнал, образованный группой фоточувствительных элементов низкой чувствительности, мал из-за их низкой чувствительности и малой освещенности.

Описанный способ связан с необходимостью применения фоточувствительных элементов с разными чувствительностями, у которых другие параметры, такие, как величина выходного напряжения или величина напряжения питания, должны быть одинаковы. Затруднения, связанные с указанным обстоятельством, можно преодолеть, если все фоточувствительные элементы брать одного типа с высокой чувствительностью, а чувствительность их изменять с помощью полупрозрачных стекол с требуемым коэффициентом пропускания. В таком случае чувствительность элемента, прикрытого полупрозрачным стеклом  $\alpha_c$ , будет выражаться как

$$\alpha_c = \alpha_0 k,$$

где

$\alpha_0$  — чувствительность элемента без полупрозрачного стекла,  
 $k$  — коэффициент пропускания полупрозрачного стекла.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт кибернетики  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 9.11.1966)

პიბარნობიკა

ბ. მახავარიანი

ბადამფოდის სიბნალის სტაბილიზაცია ტრაქტორის ავტომატური  
 პარტვის სისტემაში

რ ე ზ ი უ მ ე

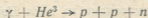
სტატიაში განხილულია ტრაქტორის ხენის პროცესში ავტომატური მართვისათვის განკუთვნილ ფოტოობიექტურ გადამწოდში მუშა რეჟიმების შერჩევის საკითხები, რომლებიც უზრუნველყოფენ დასამუშავებელი მიწის საერთო განათებულობის გავლენის შემცირებას. განხილულია განათებულობის ცვლილების გადამწოდიდან მიღებული სიგნალის სიდიდეზე გავლენის შემცირების ორი ხერხი.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Чавчанидзе, Р. Р. Двали, Г. М. Мачавариани и др. Фотооптический датчик для автоматизации вождения колесного трактора. Авторское свидетельство № 169303. Бюлетень изобретений, № 6, 1965.

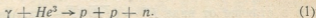
Т. С. МАЧАРАДЗЕ

О ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ РЕАКЦИИ



(Представлено академиком В. И. Мамасахлисовым 23.4.1966)

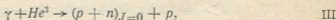
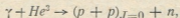
1. Недавно появились экспериментальные данные, относящиеся к энергетическим спектрам и угловым распределениям нуклонов, возникающих при реакции трехчастичного фоторасщепления ядра  $He^3$  [1, 2]:



С точки зрения исследования динамики трехнуклонных систем эти данные представляют значительный интерес. Настоящая работа посвящена теоретическому анализу экспериментальных спектров и угловых распределений протонов и нейтронов от реакции (1).

Сперва этот анализ проводится в бърновском приближении при использовании в качестве волновой функции основного состояния ядра  $He^3$  функции, полностью симметричной по пространственным координатам нуклонов. Затем исследуются эффекты, к которым приводят, во-первых, наличие в волновой функции основного состояния примеси состояния со смешанной симметрией  $S'$  [3] и, во-вторых, взаимодействие в конечном состоянии между нуклонами. Основное внимание уделяется объяснению качественных особенностей экспериментальных спектров и угловых распределений (местоположение максимумов, форма кривых, описывающих спектры и дифференциальные сечения). В соответствии с этим все теоретические кривые на рисунках нормированы.

2. В рамках предположения о прямом выбивании отдельных нуклонов реакция трехчастичного фоторасщепления может идти двумя каналами:



где  $J = 0$  означает, что заключенная в круглые скобки пара нуклонов находится в относительном  $S$ -состоянии и в синглетном спиновом состоянии.

Оба канала приводят к трем свободным частицам в конечном состоянии. Однако соответствующие им физические ситуации существен-

ным образом отличаются друг от друга, а именно прямой механизм выбивания частиц обуславливает энергетический выигрыш для того нуклона, который является первичным (нейтрон в случае канала I и один из протонов в случае канала II). Канал II обычно опускался из рассмотрения в прежних теоретических трактовках процесса (1) [4]. Это обстоятельство, а также механизм фоторасщепления трехчастичных ядер и возможные физически различные состояния, к которым приводит поглощение  $\gamma$ -кванта, более подробно обсуждаются в работе [5]. Следует отметить, что канал II был рассмотрен ранее при расчете квазиупругого выбивания протонов электронами из ядра  $He^3$  [6].

Остановимся кратко на вопросе о выборе вида взаимодействия  $\gamma$ -кванта с ядром. Строго говоря, это взаимодействие в дипольном приближении следует брать в виде  $H' \sim (\vec{E}\vec{D})$  ( $\vec{E}$  — электрический вектор падающей электромагнитной волны,  $\vec{D}$  — дипольный момент ядра), учитывая, согласно теореме Зигерта [7], вклады от обменных токов в отличие от вида  $H' \sim (\vec{J}\vec{A})$  ( $\vec{J}$  — нуклонный ток,  $\vec{A}$  — вектор-потенциал), не учитывающего обменных эффектов. Однако результаты работ [5,8] показывают, что использование приближенных волновых функций при вычислении матричного элемента  $(\vec{E}\vec{D})_{if}$  приводит к неточности, значительно превосходящей теоретически ожидаемую неточность, возникающую вследствие замены  $(\vec{E}\vec{D})_{if}$  на  $(\vec{J}\vec{A})_{if}$ .

Учитывая это обстоятельство, следует подчеркнуть, что при анализе качественных характеристик реакции (1) можно пользоваться как оператором  $(\vec{E}\vec{D})$ , так и  $(\vec{J}\vec{A})$ . Легко показать, что в борновском приближении они приводят к одинаковым результатам для спектров и угловых распределений нуклонов от реакции (1). Исходя из вышеизложенного, а также из соображений простоты вычислений мы берем взаимодействие в виде

$$H' = \frac{ie\hbar}{Mc} \sum_i \frac{1 + \tau_3(i)}{2} (\vec{n} \nabla_i), \quad (2)$$

где  $\tau_3(i)$  — оператор третьей компоненты изоспина  $i$ -й частицы,  $\vec{n}$  — вектор поляризации  $\gamma$ -кванта,  $\nabla_i = \partial/\partial\vec{r}_i$ ,  $\vec{r}_i$  — радиус-вектор  $i$ -го нуклона.

Начальное состояние ядра описываем волновой функцией (обозначения такие же, как в работах [3,6]):

$$|i\rangle = \cos \delta u_s \Phi_0 + \sin \delta [v_2 \Phi_1 - v_1 \Phi_2], \quad (3)$$

где первый член представляет собой полностью симметричную по пространственным координатам часть волновой функции ядра  $He^3$ , а второй член — примесь состояния  $S'$  смешанной симметрии, причем процентность этой примеси определяется величиной  $\sin^2 \delta$ . В качестве пространственных волновых функций  $u_s, v_1, v_2$  мы используем гауссовские

функции с параметрами, подобранными в соответствии с экспериментальными данными по рассеянию электронов на ядре  $He^3$  [9].

Используя выражения (2) и (3) в борновском приближении (плоские волны в конечном состоянии) и при  $\delta = 0$  (полностью симметричная пространственная волновая функция ядра  $He^3$ ), получаем (опуская числовые коэффициенты)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega_n} \sim \sin^2 \theta_n + \frac{2}{33}, \quad (4)$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega_p} \sim \sin^2 \theta_p + \frac{34}{21}, \quad (5)$$

$$\frac{d\sigma}{dt_n} \sim t_n^{1/2} (1 - t_n)^{1/2} (t_n + 0,1), \quad (6)$$

$$\frac{d\sigma}{dt_p} \sim t_p^{1/2} (1 - t_p)^{1/2} (1,7 - t_p), \quad (7)$$

где  $t_n = E_n/E_m$ ,  $t_p = E_p/E_m$ ,  $E_n$  и  $E_p$  — энергии нейтрона и протона в с. ц. м.,  $E_m = \frac{2}{3}(E_\gamma - Q)$ ,  $E_\gamma$  — энергия  $\gamma$ -кванта,  $E_\gamma - Q \equiv E$  — полная

кинетическая энергия продуктов реакции,  $Q$  — порог реакции (1).

Формулы (4) и (5) описывают угловые распределения нейтронов и протонов, а (6) и (7) — их энергетические распределения. Результаты (4) — (7) справедливы не только в случае гауссовской волновой функции, но и для целого класса функций, зависящих лишь от симметричной комбинации межнуклонных расстояний ( $r_{12}^2 + r_{13}^2 + r_{23}^2$ ). Следует подчеркнуть, что характер спектров и угловых распределений (4) — (7) главным образом определяется каналом I, что обусловлено тем, что распад ядра по каналу II менее вероятен, чем по I. В работе [5] показано, что вклад канала II в полное сечение трехчастичного фоторасщепления составляет всего лишь 12,5% от вклада, вносимого каналом I.

Полученные результаты вместе с соответствующими экспериментальными данными [1] приведены на рис. 1—4. Из рассмотрения этих рисунков следует заключить, что характерные особенности спектров и угловых распределений фотонуклонов в целом довольно хорошо воспроизводятся теорией, не учитывающей взаимодействия между нуклонами в конечном состоянии. Особенно хорошее согласие между теорией и экспериментом имеет место в случае угловых распределений нуклонов, а также в случае спектра протонов. Слабо выраженную асимметрию углового распределения фотопротонов относительно  $90^\circ$ , по-видимому, можно будет объяснить квадрупольными переходами в канале II. В отношении спектра протонов интересно указать на следующее обстоятельство. Исходя уже из общих соображений о виде фазового объема в конечном состоянии легко показать, что функция  $d\sigma/dt_p$  дол-

жна обращаться в нуль при  $t_p = 0$  и 1. А между тем, экспериментальная гистограмма (рис. 4) проходит гораздо выше оси абсцисс при  $t_p = 0$  и 1. Такое положение можно объяснить лишь тем, что истинная кривая спектра резко падает от значения, заметно отличного от нуля, к нулевому значению вблизи вышеуказанных точек, что не могло быть замечено экспериментально, так как интервал усреднения  $\Delta t_p = 0,1$  слишком велик [1]. Теоретическая кривая, представленная на рис. 4, имеет требуемый экспериментом характер. Сравнительно худшее согласие между теорией и экспериментом имеется в случае спектра нейтронов.

3. Рассмотрим более подробно вопрос о разногласии между теорией и экспериментом в случае спектра нейтронов. Эксперимент указывает на наличие максимума в области  $t_n = 0,85 \div 0,9$ . Между тем, теоретическая кривая I имеет максимум при  $t_n = 0,75$ , причем он шире, чем требует эксперимент. В рамках борновского приближения достиже-

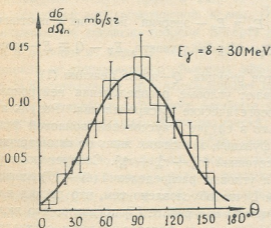


Рис. 1. Угловое распределение нейтронов. Теоретическая кривая соответствует борновскому приближению

ние лучшего согласия теории с опытом можно ожидать при учете примеси состояния смешанной симметрии  $S'$  в волновой функции основного состояния ядра  $He^3$ . На это обстоятельство было указано ранее в работе [10].

Конкретный расчет, проведенный нами, подтверждает вышеуказанное ожидание. Принимая во внимание, что вклад канала II в спектр нейтронов вообще мал и сосредоточен в области малых  $t_n$ , можно анализировать

спектр нейтронов в ее высокоэнергетической части, учитывая только вклад от канала I. Результат расчета в борновском приближении для канала I при использовании волновой функции (3) с 4% примесью состояния  $S'$  имеет вид

$$\frac{d\sigma_1}{dt_n} \sim t_n^{3/2} (1 - t_n)^{1/2} \left[ 1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{V6} \frac{2ME}{3\hbar^2 \alpha^2} (2t_n - 1) \right]^2, \quad \sin \delta = 0,2, \quad (8)$$

где  $\alpha = 0,384 \text{ Ф}^{-1}$  — параметр волновой функции Гаусса, индекс 1 у  $d\sigma$  означает, что формула (8) относится к спектру нейтронов из канала I.

На рис. 3 приведены кривые 2, 3, 4 спектра, описываемого формулой (8). Как видно, включение примеси состояния  $S'$  заметно улучшает

согласие с экспериментом как в отношении формы кривой, так и в отношении местоположения максимума. Учитывая довольно большие экспериментальные ошибки, а также то, что эксперимент [1] дает спектр нейтронов, усредненный по большому энергетическому интервалу, следует заключить, что согласие опытных данных в высокоэнергетической части спектра нейтронов является удовлетворительным. Что касается низкоэнергетической области  $t_n \sim 0$ , то к ее обсуждению мы еще вернемся ниже.

4. Рассмотрим теперь эффект взаимодействия нуклонов в конечном состоянии. В работе [11] было показано, что учет взаимодействия в конечном состоянии между нейтронами в реакции  $\gamma + H^3 \rightarrow (n + n)_{J=0} + p$  приводит к значительному сдвигу положения максимума спектра протонов в сторону больших энергий относительно положения, даваемого борновским приближением.

С целью исследования роли взаимодействия в конечном состоянии в трехчастичном развале  $He^3$  на спектры нуклонов нами

был проведен расчет спектров в том же приближении, которое применялось в работе [11]. Взаимодействие между двумя протонами в случае канала I бралось в виде прямоугольной потенциальной ямы с параметрами, определенными на основании экспериментальных данных по низкоэнергетическому синглетному рассеянию [12]. Взаимодействием первичного нуклона с остаточной парой, а также кулоновским взаимодействием между протонами пренебрегали. Строго говоря, вычисленные в подобном приближении спектры можно сравнивать с экспериментальными данными лишь в области верхнего конца спектра первичного нуклона, где принятые приближения справедливы. Результат расчета в виде кривой 5 приведен на рис. 3 при значении  $E = 10 \text{ MeV}$ . Максимум кривой лежит при  $t_n > 0,99$ . Заметим, что при увеличении энергии  $E$  максимум сдвигается к еще большим значениям  $t_n$ . Следовательно, учет взаимодействия в том виде, в каком он проводился нами, приводит к резкому противоречию с экспериментом как в отношении местоположения максимума, так и в отношении формы кривой, описывающей спектр нейтронов. Исходя из этого следует заключить, что пренебрежение кулоновским отталкиванием в случае канала I является плохим приближением.

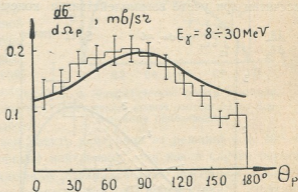


Рис. 2. Угловое распределение протонов. Теоретическая кривая соответствует борновскому приближению

Что касается спектра первичных протонов в случае канала II, то он в принятом нами приближении будет иметь такой же вид, что и спектр нейтронов в случае канала I. Ясно, что в случае II нет причин, препятствующих проявлению в полной мере сильного ядерного притяжения, что приведет к резкому увеличению доли низкоэнергетических нейтронов. Поэтому почти весь вклад канала II в спектр нейтронов из реакции (1) сосредоточивается в области  $t_n \sim 0$ , что и приводит, по-видимому, к наличию сравнительно большой доли низкоэнергетических нейтронов в экспериментальном спектре (рис. 3).

Следует отметить, что спектр нейтронов кратко обсуждался в теоретической части работы [1]. Спектр нейтронов в этой работе был рассчитан при учете взаимодействия в конечном состоянии в том же

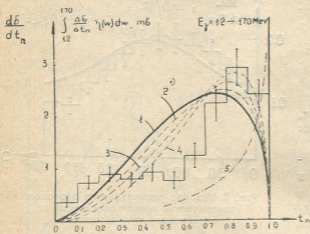


Рис. 3. Энергетический спектр нейтронов. Теоретические кривые 1—4 соответствуют борновскому приближению, а кривая 5 получена при учете ядерного взаимодействия в конечном состоянии ( $E = 10$  MeV). Кривая 1 соответствует случаю  $\delta = 0$ , а кривые 2—4—4% примеси состояния  $S'$  и относятся к энергии  $E=15, 30, 50$  MeV соответственно,  $\eta(w)$ —функция, описывающая спектр тормозного излучения

оси ординат вместо  $d\sigma/dt_n$  ошибочно была отложена величина  $\sigma(\beta) \equiv \equiv d\sigma/d\beta = 2t_n^{1/2}(1-t_n)^{1/2} d\sigma/dt_n$ , где  $t_n = \sin^2 \beta$ . Это и привело авторов работы [1] к неверному заключению о роли ядерного взаимодействия между протонами в конечном состоянии в реакции (1).

Таким образом, включение взаимодействия между протонами в случае канала I при пренебрежении кулоновским отталкиванием между ними приводит к резкому противоречию с экспериментальными данными, касающимися спектра нейтронов. На этом основании можно прийти к заключению, что, по-видимому, в рассматриваемом явлении, с точки зрения местоположения максимума спектра нейтронов, эффекты кулоновских и ядерных сил в основном компенсируют друг друга, так что истинный спектр мало отли-

приближении, что и в работе [11] и в данной работе. Однако авторы пришли к заключению (противоположному нашему выводу) о том, что учет взаимодействия в конечном состоянии между протонами при пренебрежении кулоновскими силами приводит к удовлетворительному согласию с опытом в верхней части спектра нейтронов. Дело в том, что в работе [1] при сравнении теории с экспериментом по



чается от вычисленного в борновском приближении с учетом  $S^{(1)}$ . С другой стороны, учет взаимодействия в конечном состоянии между нейтроном и протоном в синглетном спиновом состоянии, по-видимому, важен для объяснения спектра нейтронов в низкоэнергетической ее части.

С вышеизложенной точки зрения ожидается большое различие в спектрах нейтронов из реакции трехчастичного фоторасщепления ядра  $He^3$ , с одной стороны, и протонов из реакции трехчастичного фоторасщепления ядра  $H^3$ , с другой. Так, спектр протонов из реакции  $\gamma + H^3 \rightarrow n + n + p$  должен быть гораздо богаче высокоэнергичными протонами, чем спектр нейтронов из реакции  $\gamma + He^3 \rightarrow p + p + n$  высокоэнергичными нейтронами, так как в случае первой из этих реакций сильному ядерному взаимодействию нейтронов в конечном состоянии кулоновское отталкивание не препятствует. Поэтому представляет большой интерес экспериментальное исследование реакции трехчастичного развала ядра  $H^3: \gamma + H^3 \rightarrow n + n + p$ , так как ожидается сильное различие характеристик этой реакции от характеристик зеркальной по отношению к ней реакции  $\gamma + He^3 \rightarrow p + p + n$ .

Наконец, отметим, что сравнительно простой анализ, проведенный выше, приводит к пониманию основных качественных особенностей процесса трехчастичного фоторасщепления ядра  $He^3$ . Создание количественной теории рассматриваемого явления сопряжено с значительными трудностями, связанными с решением проблемы трех тел. Вместе с тем, такая теория, как следует из данной работы, обязательно должна учитывать кулоновское отталкивание между протонами.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физики

(Поступило в редакцию 23.4.1966)

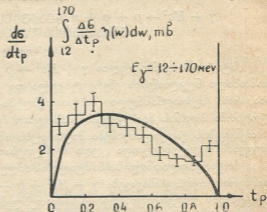


Рис. 4. Энергетический спектр протонов. Теоретическая кривая соответствует борновскому приближению

<sup>†</sup> В справедливости высказанного в данной работе утверждения о том, что эффекты кулоновских и ядерных сил в отношении местоположения максимума спектра нейтронов в основном компенсируют друг друга, легко убедиться посредством одновременного учета ядерного и кулоновского взаимодействия на основе приближения данного Мигдалом [13]. Соответствующие кривые имеются в работе [14]. Недавно появилась работа [15], посвященная тем же вопросам, что и данная работа. В работе [15] нет той неточности, которая имелась в [1], однако следует указать, что автор не приходит к заключению о необходимости учета кулоновского взаимодействия между протонами.

თ. მამარაძე

 $\gamma + He^3 \rightarrow p + p + n$  რეაქციის დიფერენციალური  
 მახასიათებლების შესახებ

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია  $\gamma + He^3 \rightarrow p + p + n$  რეაქციის შედეგად წარმოშობილი ნუკლონების ენერგეტიკული და კუთხური განაწილებები. ნაჩვენებია, რომ ზემოაღნიშნული მახასიათებლები აიხსნება თეორიით, რომელიც ეყრდნობა ბორნის მიახლოებას. საბოლოო მდგომარეობაში ბირთვული ურთიერთქმედების გათვალისწინება მიუთითებს იმაზე, რომ კულონური ურთიერთქმედების უგულებელყოფა ცუდი მიახლოებაა.

ჩატარებული ანალიზი საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ მოსალოდნელია დამზერილ იქნეს განსხვავება  $\gamma + He^3 \rightarrow p + p + n$  და  $\gamma + H^3 \rightarrow n + n + p$  რეაქციების დიფერენციალურ მახასიათებლებს შორის.

დავოყვებულნი ვართ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. V. N. Fetisov, A. N. Gorbunov, A. T. Varfolomeev. Nuclear photoeffect on three—particle nuclei. Nucl. Phys., 71, 1965, 305.
2. J. R. Stewart, R. C. Morrison, J. S. O'Connell. Photodisintegration of  $He^3$ . Phys. Rev., 138, 1965, B 372.
3. L. I. Schiff. Theory of the electromagnetic form factors of  $H^3$  and  $He^3$ . Phys. Rev., 133, 1964, B 802.
4. M. E. Toms. U. S. Naval Research Laboratory Bibliography, 24, 1965.
5. R. I. Jibuti, V. I. Mamasakhlishov, T. S. Macharadze. Photodisintegration of the lightest nuclei. Proceedings of the Conference on Nuclear Reactions with Light Nuclei and Nuclear Structure 10—15, January 1966, in Roccendorf. Edited by Prof. Dr. J. Schintlmeister. 1966, 101.
6. T. A. Griffy, R. J. Oakes. Electron-proton coincidence cross section for  $He^3$  and  $H^3$ . Phys. Rev., 135, 1964, B 1161.
7. R. G. Sachs, N. Austern. Consequences of gauge invariance for radiative transitions. Phys. Rev., 81, 1951, 705.
8. P. ი. Джибути, В. И. Мамасахлисов, Т. С. Мачарадзе. К теории фоторасщепления легчайших ядер. Ядерная физика, 2, 1965, 59.
9. H. Collard, R. Hofstadter, E. V. Hughes, A. Johansson, M. R. Yearian, R. V. Day, R. T. Wagner. Elastic electron scattering from Tritium and Helium-3. Phys. Rev., 138, 1965, B 57.
10. В. И. Мамасахлисов, P. ი. Джибути, Т. С. Мачарадзе. О фоторасщеплении ядер  $He^3$  и  $H^3$ . Сообщения АН ГССР, XL:3, 1965, 567.
11. G. Györgyi, P. Hrasko. Final state  $n-n$  interaction in the three—particle photodisintegration of Triton. Acta. Phys. Hung., 17, 1964, 253.
12. Л. Хюльтен, М. Сугавара. Строение атомного ядра. ИЛ, М., 1959.
13. А. Б. Мигдал. Теория ядерных реакций с образованием медленных частиц. ЖЭТФ, 28, 1955, 3.
14. R. J. N. Phillips. Comparison of  $p-p$  and  $n-n$  final state interactions. Nucl. Phys., 53, 1964, 650.
15. В. Н. Фетисов. О роли взаимодействия нуклонов в конечном состоянии при полном фоторасщеплении трехчастичных ядер. Ядерная физика, 4, 1966, 720.



В. С. ГУРГЕНИДЗЕ

## О СООТНОШЕНИЯХ МЕЖДУ АМПЛИТУДАМИ ФОТОРОЖДЕНИЯ И ПИОН-НУКЛОННОГО РАССЕЙЯНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 25.9.1966)

На данном этапе развития теории поля единственным способом установления вида матрицы рассеяния являются условие инвариантности и соображения, вытекающие из законов сохранения.

На основе этих требований матрицу рассеяния удается представить в виде суммы определенного количества членов. Коэффициентами при известных операторах, определяющихся законами сохранения, стоят комплексные скалярные функции—амплитуды реакции. Зависимость этих скалярных функций от энергии рассеиваемой частицы определяется динамикой процесса. Их вид совершенно не зависит от деталей взаимодействия и всецело получается из основных положений современной теории.

Дисперсионные соотношения—соотношения между эрмитовой и антиэрмитовой частями матричных элементов матрицы рассеяния—являются пока единственным результатом квантовой теории поля. Они дают возможность получить по экспериментальным данным (полное сечение, угловое распределение и т. д.) выражения для амплитуд реакции и, следовательно, до конца решить динамическую задачу рассеяния. Такой метод параметризации матрицы рассеяния облегчает анализ экспериментальных данных и удовлетворительно объясняет ряд процессов, в том числе и фоторождение мезонов на нуклонах.

В работе Моравчика [1] была рассмотрена возможность определить независимые амплитуды фоторождения  $\pi$ -мезона на нуклоне.

Как известно, матричный элемент каждого процесса фоторождения зависит от четырех независимых комплексных скалярных амплитуд, т. е. от восьми вещественных функций [2]. На основе полного опыта (при помощи измерения сечений и поляризационных эффектов) в принципе можно определить семь из этих вещественных функций<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Общий фазовый множитель не оказывает влияния на измеримые величины: сечения, поляризации и т. д.



В указанных работах [1,2] также было отмечено, что при энергиях, меньших порога рождения двух  $\pi$ -мезонов, условия унитарности  $S$ -матрицы связывает амплитуды фоторождения  $\pi$ -мезона на нуклоне с амплитудой пион-нуклонного рассеяния. Следовательно, в этой области энергии можно определить все восемь независимых вещественных функций, т. е. определить из опыта все четыре комплексных независимых амплитуды при условии, если нам известны амплитуды пион-нуклонного рассеяния.

Кроме того, применяя условие унитарности, мы можем уменьшить число независимых измерений на опыте, как это было отмечено в работе [3] для случая пион-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния.

В настоящей работе из условия унитарности  $S$ -матрицы мы получаем интегральные соотношения между амплитудами процессов фоторождения и пион-нуклонного рассеяния.

Рассмотрим, например, процессы фоторождения

$$\gamma + P \rightarrow \pi^0 + P, \quad (1)$$

$$\gamma + P \rightarrow \pi^+ + n \quad (2)$$

и процессы рассеяния

$$\pi^0 + P \rightarrow \pi^0 + P, \quad (3)$$

$$\pi^+ + n \rightarrow \pi^+ + n, \quad (4)$$

$$\pi^0 + P \rightarrow \pi^+ + n, \quad (5)$$

$$\pi^+ + n \rightarrow \pi^0 + P. \quad (6)$$

Очевидно, что при энергиях, меньших порога рождения двух  $\pi$ -мезонов, процессы (1) и (2) являются единственными процессами фоторождения  $\pi$ -мезонов на нуклоне и в силу условия унитарности их амплитуды связаны с амплитудами процессов рассеяния (3) — (6).

1. Общий вид матричных элементов.

Процессы (1) — (6) запишем в виде

$$\gamma + b \rightarrow a_i + b_i \quad (\gamma_i)$$

и

$$a_i + b_i \rightarrow a_k + b_k \quad (S_{ik}),$$

где  $a_i$  означают  $\pi$ -мезоны,  $b$  и  $b_i$  — нуклоны. Полные амплитуды обозначим через  $M^{i\gamma}$  (для фоторождения) и  $M^{S_{ik}}$  (для рассеяния).

Рассмотрим сначала процесс фоторождения

$$M^{(\gamma)}(\vec{q}' \vec{p}'; \vec{P} \vec{k}) = i(\vec{\varepsilon} \vec{\sigma}) F_1(E, z) + i(\vec{\varepsilon} [\vec{e}_k, \vec{e}_{q'}]) F_2(E, z) + \\ + i(\vec{\sigma} \vec{e}_{q'}) (\vec{e}_{q'}, \varepsilon) F_3(E, z) + i(\vec{\sigma} \vec{e}_k) (\vec{e}_{q'} \vec{\varepsilon}) F_4(E, z), \quad (7)$$

где  $k$ ,  $P$ ,  $q'$  и  $p'$  — четырехмерные импульсы  $\gamma$ -фотона и частиц  $b$ ,  $a_i$  и  $b_i$  соответственно,  $E$  — полная энергия,  $\vec{e}_k = \frac{\vec{k}}{k}$ ,  $\vec{e}_{q'} = \frac{\vec{q}'}{q}$ ;  $z = (\vec{e}_{k_1} \vec{e}_{q'}) = \cos \vartheta$  и  $\vec{\epsilon}$  — вектор поляризации  $\gamma$ -фотона ( $(\vec{\epsilon}, \vec{k}) = 0$ ).

Для процесса рассеяния ( $S_{ik}$ )

$$M^{(S_{ik})}(q\rho; q'\rho') = G_{ik}^{(S)}(E', z') + i(\vec{\sigma}[\vec{e}_{q'}, \vec{e}_{q'}])G_{ik}^{(S)}(E, z'), \quad (8)$$

где  $q$  и  $p$  — 4-импульсы частиц  $a_k$  и  $b_k$ , а  $\vec{e}_q = \frac{\vec{q}}{q}$ . Полные амплитуды  $M^{(\gamma)}$  и  $M^{(S_{ik})}$  мы будем рассматривать так, чтобы дифференциальные сечения были равны

$$\frac{d\sigma^{(\gamma)}}{d\Omega} = |\chi_i^+ M^{(\gamma)} \chi|^2, \quad (9)$$

$$\frac{d\sigma^{(S_{ik})}}{d\Omega} = |\chi_i^+ M^{(S_{ik})} \chi_i|^2, \quad (10)$$

где  $\chi$  и  $\chi_i$  — двухкомпонентные спиноры нуклонов  $b$  и  $b_i$ .  $M^{(\gamma)}$  и  $M^{(S_{ik})}$  связаны с матричным элементом  $S$ -матрицы рассеяния следующим образом:

$$S = 1 + iT,$$

$$\langle b_i a_i | T | b \gamma \rangle = (2\pi)^4 \delta^4(k + p - q' - p') \frac{1}{\sqrt{4k_0 q'_0}} \sqrt{\frac{E^2}{p_0 p'_0}} 4\pi \chi_i^+ M^{(\gamma)} \chi, \quad (11)$$

$$\langle b_k a_k | T | b_i a_i \rangle = (2\pi)^4 \delta^4(q + p - q' - p') \frac{1}{\sqrt{4k_0 q'_0}} \sqrt{\frac{E^2}{p_0 p'_0}} 4\pi \chi_k^+ M^{(S_{ik})} \chi_i. \quad (12)$$

Антиэрмитова часть амплитуды фоторождения  $A^{(\gamma)}$  определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \langle b_i a_i | \left| \frac{T - T^+}{2} \right| b \gamma \rangle &= (2\pi)^4 \delta^4(k + \\ &+ p - q' - p') \frac{1}{\sqrt{4k_0 q'_0}} \sqrt{\frac{E^2}{p_0 p'_0}} 4\pi \chi_i^+ A^{(\gamma)} \chi. \end{aligned} \quad (13)$$

Ввиду того что

$$\langle b_i a_i | T^+ | b \gamma \rangle = (\langle b \gamma | T | b_i a_i \rangle)^* \quad (14)$$

и в силу инвариантности относительно обращения времени, матричный элемент обратного процесса  $\langle b \gamma | T | a_i b_i \rangle$  можно выразить через  $\langle a_i b_i | T | b \gamma \rangle$ .

В результате мы имеем

$$A_i^j(\vec{q}' \vec{p}'; \vec{k} \vec{p}) = i(\vec{\varepsilon} \vec{\sigma}) I_m F_1(E, Z) + i(\vec{\varepsilon} [\vec{e}_k \vec{e}_{q'}]) I_m F_2(E, Z) + \\ + i(\vec{\sigma} \vec{e}_{q'}) (\vec{e}_{q'}, \vec{\varepsilon}) I_m F_3(E, Z) + i(\vec{\sigma} \vec{e}_q) (\vec{e}_{q'} \vec{\varepsilon}) I_m F_4(E, Z). \quad (15)$$

2. Условия унитарности и соотношение между амплитудами фоторождения и пион-нуклонного рассеяния.

В рассматриваемой области энергии  $S^+S = 1$  постулат о существовании полной системы физических состояний вместе с оптической теорией позволяет написать

$$A_i^j(\vec{q}' \vec{p}', \vec{p} \vec{k}) = \frac{q}{8\pi} \int d\Omega_{q'} \sum (M_s^{ik}(\vec{q} \vec{p}, \vec{q}' \vec{p}'))^+ M_s^i(\vec{q}' \vec{p}', \vec{k} \vec{p}), \quad (16)$$

где  $(M_s^{ik})^+$  определяется через  $T^+$  по формуле

$$\langle b_i a_i | T^+ | b_k a_k \rangle = (2\pi)^4 \delta^4(P+k-q^*-p^*) \frac{1}{V 4 q_0 \bar{q}'_0} \sqrt{\frac{E^2}{p_0 p'_0}} 4\pi \chi_k^+ M_s^{ik} \chi_i. \quad (17)$$

Применяя соотношение

$$\langle b_k a_k | T^+ | b_i a_i \rangle = (\langle b_i a_i | T | b_k a_k \rangle)^*$$

и  $T$ -инвариантность, можно показать, что

$$(M_s^{ik})^+ = G_1^{i*k} + i(\vec{\sigma} [\vec{e}_q \vec{e}_{q'}]) G_2^{i*k}. \quad (18)$$

Используя оптическую теорему

$$I_m M_i^j = \frac{q}{8\pi} \int d\Omega_{q'} (M_s^{ik})^+ (M_i^j),$$

учитывая соотношения (7) и (8) и выбирая

$$\vec{\varepsilon} = [\vec{e}_k \vec{e}_q] + [\vec{e}_k [\vec{e}_k \vec{e}_q]],$$

где

$$\vec{e}_k(0, 0, 1), \quad \vec{e}_q(\sin \vartheta, 0, \cos \vartheta) \text{ и } \vec{e}_{q'}(\sin \vartheta' \cos \varphi', \sin \vartheta' \sin \varphi', \cos \vartheta'),$$

в результате несложных, но довольно длинных вычислений получаем:

$$I_m F_1 = \frac{q}{6} \left\{ 3 F_1 + \sin^2 \vartheta F_3 \right\} G_1^+ - \left( F_3 + \frac{3}{4} F_2 \right) G_2^+ \cdot \cos \vartheta \},$$

$$I_m F_2 = \frac{i q}{3} F_4 G_2^+,$$

$$I_m F_3 = \frac{q}{12} \cos \vartheta F_2 G_2^+,$$

$$I_m F_4 = \frac{q}{6 \sin^2 \vartheta} \{ \cos^3 \vartheta F_3 G_1^+ - (1 - \cos \vartheta) \cos \vartheta F_3 G_2^+ \}.$$

Выражаю благодарность Нгуен Ван Хьеу за проявленное внимание к работе.

Тбилисский государственный  
университет

(Поступило в редакцию 25.3.1966)

ფიზიკა

ბ. ბურბანიძე

ფოტოგაჩენისა და პიონ-ნუკლონური გაბნევის  
ამპლიტუდათა კავშირის შესახებ

რეზიუმე

ისეთი ენერგიებისათვის, რომლებიც ნაკლებია ორი  $\pi$ -მეზონის გაჩენის ზღვრულ ენერგიაზე,  $S$ -მატრიცის უნიტარობის პირობის გამოყენების გზით, მიღებულია დამოკიდებულებები  $\pi$ -მეზონის ფოტოგაჩენისა და პიონ-ნუკლონური გაბნევის ამპლიტუდებს შორის.

ენერგიების აღნიშნულ ინტერვალში მიღებული შეთანასწორებებით განისაზღვრება ფოტოგაჩენის ოთხივე ამპლიტუდა პიონ-ნუკლონის გაბნევის ამპლიტუდების საშუალებით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. Moravcsik. Bosen photoproduction Experiments. Phys. Rev., 125, 1962, 1088.
2. G. Chew, M. Goldberger, F. Low, Y. Nambu. Application of Dispersion Relations to low-Energy Meson-Nucleon Scattering. Phys. Rev., 106, 1957, 1337.
3. Л. П. узи́ков, Р. Ры́ндин, Я. Сморо́динский. Восстановление матрицы рассеяния в системе из двух нуклонов. ЖЭТФ, т. 32, 1959, 593.



ГЕОФИЗИКА

Т. Л. ЧЕЛИДЗЕ

О ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ВО ВЛАЖНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 14. 7. 1966)

В наших предыдущих работах [1—5] даны результаты изучения частотной зависимости удельной электрической проводимости  $\gamma$  и диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , полученные в основном при исследовании сухих и слабоувлажненных образцов горных пород, в которых удельное сопротивление относительно велико ( $10^4$ — $10^9$  ом·м). В настоящей работе приводятся некоторые данные по дисперсии электрических свойств влажных горных пород с относительно малым удельным сопротивлением ( $200$ — $10^4$  ом·м) в диапазоне частот  $0,2$ — $200$  кГц. Исследование таких образцов имеет практическое значение для электроразведки. Работы, посвященные данному вопросу, весьма разноречивы [3].

Некоторые исследователи приходят к выводу, что в весьма влажных образцах как диэлектрическая проницаемость, так и сопротивление не зависят от частоты [6,7]. Сопротивление во влажных породах действительно не испытывает дисперсии, поскольку доминирующую роль в активном сопротивлении играет омическая компонента, не зависящая от частоты.

Однако вывод об отсутствии дисперсии  $\epsilon$  во влажной породе казался несколько неожиданным: исходя из теории неоднородных диэлектриков, а также из измерений скорости спада вызванной поляризации диэлектрическая проницаемость во влажных горных породах должна зависеть от частоты в звуковом и инфразвуковом диапазоне.

Экспериментальные данные [6,7] об отсутствии дисперсии  $\epsilon$  можно объяснить следующим образом. При измерениях в не очень влажных образцах пород во избежание попадания влаги на электроды авторы работ [6, 7] обсушивали контактирующие поверхности образцов. Это приводит к образованию сухой „корки“. Следовательно, общую емкость образца можно представить как последовательное соединение емкости „корки“ и емкости влажной „сердцевины“ образца. Тогда общая емкость системы определяется меньшей емкостью (в данном случае емкостью „корки“). При таком методе измерения вряд ли следует ожидать воспроизводимости результатов при различных объемах об-



разца. Действительно, опыты показали, что емкость весьма влажного, но обсушенного с поверхности песчаника почти не меняется при изменении его толщины<sup>(1)</sup>, т. е. обусловлена поверхностными явлениями в „корке“ образца. Разумеется, при этом не отмечалась какая-либо частотная дисперсия, поскольку емкость сухой „корки“ почти не зависит от частоты.

Все вышеотмеченное обусловило то особое внимание, которое было обращено в настоящей работе на равномерность увлажнения образцов. Повышение влажности образцов связано с ростом вероятности

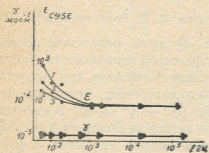


Рис. 1. „Ложная“ дисперсия диэлектрической проницаемости дистиллированной воды (температура 15°C): 1—при толщине слоя воды 0,12 см; 2—0,54 см; 3—1,1 см

влияния приэлектродных эффектов. Последние могут сильно исказить результаты измерений и даже привести к ложной дисперсии [6]. Для исключения влияния приэлектродных эффектов можно применить метод измерения с воздушными прослойками между электродами и образцом, но зачастую можно измерять  $\epsilon$  и  $\gamma$  при их непосредственном контакте. В обоих случаях следует проверять воспроизводимость результатов на образцах различной толщины. Если в результате измерений мы получаем объемные характеристики породы, то воспроизводимость должна быть одинаково хорошей во всем диапазоне частот.

Для иллюстрации „критерия воспроизводимости“ на рис. 1 приводятся данные измерений диэлектрической проницаемости и проводимости воды, т. е. среды, в которой на низких частотах заведомо имеют место приэлектродные процессы. Действительно, значение  $\epsilon$  на частоте 200 Гц отличается от истинной диэлектрической проницаемости воды (80 СГСЕ) тем больше, чем меньше толщина слоя воды.

На рис. 1 дан наглядный пример системы, электрические свойства которой на низких частотах обуславливаются электродными процессами („ложная“ дисперсия) и где, следовательно, нет воспроизводимости  $\epsilon$  при различной толщине образца.

При измерениях использовался мост полных проводимостей типа МПП-300, погрешность которого не превышает 3% по модулю и 10% по углу  $\varphi$ .

<sup>(1)</sup> Следует отметить, что неизменность емкости с изменением толщины образца означает невоспроизводимость результатов, ибо  $\epsilon$  получается разным для образцов различной толщины.

В качестве источника тока применялся генератор ЗГ-12 (напряженность примерно 5 в/см). Индикатором нуля служил осциллограф ЭО-7. Образец помещался между двумя плоскими дисковыми электродами из армо-железа (диаметр 4,4 см). Измерительные электроды находились в эксикаторе, где создавалась определенная влажность. Эксикатор помещался в термостат. Бралась в основном образцы рыхлых пород: мелкозернистый аллювиальный песок, порошок бентонитовой глины, кварцевый песок, а также монолитные образцы песчаников и известняков. Измерения проводились в атмосфере  $K_2SO_4$ , что обеспечивало влажность воздуха 98%. Для создания большей влажности образцы длительное время (в течение месяца) пропитывались дистиллированной водой<sup>1)</sup>. После этого измерения проводились вновь в присутствии  $K_2SO_4$ , чтобы предотвратить испарение влаги с поверхности образца. Данные, полученные в результате повторных измерений, свидетельствуют о том, что условия опыта не изменялись со временем. Следовательно, испарение влаги с образца было незначительным, во всяком случае в течение опыта, продолжавшегося примерно 5—6 часов. При расчете параметров образцы рассматривались как цепь  $RC$ , параллельная либо последовательная.

Непосредственно на мосте отсчитывались емкость  $C$  и проводимость  $G$ , включенные по эквивалентной параллельной схеме. Эквивалентное активное  $R_x$  и реактивное  $X_x$  сопротивление по последовательной схеме находятся из формул

$$R_x = \frac{\cos^2 \varphi}{G}, \quad X_x = R_x \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $\varphi$ —угол сдвига фаз. Пользуясь этими параметрами и зная геометрию образца, можно рассчитать  $\varepsilon$  и  $\gamma$ . Предельная относительная погрешность определения  $\gamma$  не превышает 5%,  $\varepsilon$ —6%.

По мнению некоторых исследователей, использование определенной эквивалентной схемы (например, последовательной) может привести к тому, что дисперсия  $\varepsilon$  и  $\gamma$  исчезнет [8]. Однако наши исследования показали, что дисперсия имеет место как при параллельной, так и при последовательной схеме. Следует отметить, что параллельная схема более соответствует реальной породе, нежели последовательная, хотя и параллельная схема не точно описывает поведение породы.

Вообще, по-видимому, не следует увлекаться „подгонкой“ эквивалентной схемы под данную породу, ибо соответствие между ними чисто

<sup>1)</sup> Относительная влажность воздуха измерялась волосным гигрометром, а влажность образца  $d$  рассчитывалась по формуле

$$d = \frac{\Delta P}{P} 100\%,$$

где  $\Delta P$ —разница в весе между влажным и сухим образцами,  $P$ —вес сухого образца.

внешнее. Это доказывается хотя бы тем, что существуют различные эквивалентные схемы, совершенно идентичные по результатам измерений [9].

Известно, что при  $\operatorname{tg} \varphi \gg 1$  сопротивления по последовательной и параллельной схемам равны а емкости различны, тогда как при  $\operatorname{tg} \varphi \ll 1$  равны эквивалентные емкости, а сопротивления различаются [9]. Поскольку активное сопротивление образца зависит от выбора эквивалентной схемы, по-видимому, имеет смысл использовать в качестве основного параметра  $\operatorname{tg} \varphi$  как инвариантную величину.

Удовлетворительная воспроизводимость результатов получена на рыхлых породах—мелкозернистом речном песке и чистом (вольском) кварцевом песке, чего не наблюдалось на бентонитовых глинах и твердых образцах песчаников и известняков, в которых имело место значительное расхождение между электрическими параметрами одной и той же породы при различной толщине образца, хотя частотный ход кривых проводимости и емкости идентичен. Например, на твердом образце меловидного известняка не удалось достигнуть воспроизводимости ни при покрытии боковой поверхности породы изолирующей пленкой, ни при использовании охранного кольца. С изменением толщины образца его емкость и сопротивление почти не изменялись, что, казалось бы, свидетельствует о влиянии электродного эффекта. Однако, раздробив образец в порошок, диаметр зерен которого не превышал 0,5 мм, удалось добиться хорошей воспроизводимости (см. таблицу).

Электрические свойства порошкообразного образца известняка

Частота, кГц	Толщина образца 2 мм		Толщина образца 4 мм	
	$\gamma \times 10^{-6}$ мосм <sup>-1</sup>	$\varepsilon$ СГСЕ	$\gamma \times 10^{-6}$ мосм <sup>-1</sup>	$\varepsilon$ СГСЕ
0,2	8	300	8	300
0,5	9	270	10	280
1	10	195	11	230
2	11	150	13	165
5	14	105	16	105
10	17	75	18	75
20	21	60	21	60
50	29	40	28	40
100	45	30	36	35
200	53	25	50	30

Если бы причиной невоспроизводимости на твердом образце была электродная емкость, то она должна была иметь место и на размельченном образце. По-видимому, монолитный образец известняка обладал несквозной пористостью. В этом случае поверхностные части образца должны быть более увлажнены, чем основной объем породы. Такое не-

равномерное увлажнение может вызвать эффект, полностью сходный с влиянием приэлектродных емкостей.

Приведем вкратце остальные результаты исследований. Было исследовано установление влажности (т. е. кинетика адсорбции влаги) осушенного аллювиального песка при помещении его в атмосферу с высокой влажностью воздуха (98%). С повышением влажности максимум тангенса угла потерь  $\text{tg}\varphi_{\text{max}}$  сдвигается вправо по оси частот, в сторону уменьшения времени релаксации. Влажность достигает стационарного значения в данном образце примерно через 200 часов.

На рис. 2 приводятся данные измерений над аллювиальным песком при влажности 20%. Следует отметить, что на этом образце угол  $\varphi$  между током и напряжением меняет знак и из отрицательного становится положительным при частотах выше 100 кГц, тогда как для всех остальных пород он остается отрицательным во всем диапазоне частот. На том же образце аллювиального песка при влажности 3% уже не отмечается изменения знака  $\varphi$ , ток всегда опережает напряжение, т. е. реактивная компонента является емкостной (рис. 3).

Над тем же образцом были проведены измерения в области температур от 20 до 90°C при начальной влажности 3%. Для того чтобы свести эффект испарения влаги с образца к минимуму, измерения проводились в присутствии  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . В этих условиях влажность атмосферы не изменяется в интервале температур 15—150°C и равна 98%. Результаты прямого и обратного хода измерений (нагревания и охлаждения) не совпадают по абсолютным значениям  $\epsilon$  и  $\gamma$ , что, вероятно, связано с изменением влажности в образце. Однако характерные черты температурной зависимости повторяются. Так, проводимость и диэлектрическая проницаемость проходят через максимум при 50°C. Максимум  $\text{tg}\varphi$  перемещается при нагревании от 20 до 50°C в сторону высоких, а при дальнейшем нагревании—в сторону низких частот.

На рис. 4 приведены данные, полученные для кварцевого песка влажностью 14% и продолжающие результаты более ранних исследова-

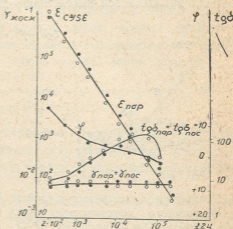


Рис. 2. Дисперсия электрических свойств мелкозернистого аллювиального песка при влажности 20% (температура 26°C). Здесь и далее точками показаны результаты измерений при толщине образца 0,3 см, кружками—при толщине 0,6 см; индексы указывают, при какой эквивалентной схеме рассчитан параметр—последовательной или параллельной

ний [2] в сторону больших влажностей. Из графика видно, что по сравнению с сухим образцом [2,5] как  $\varepsilon$ , так и  $\gamma$  при низких частотах возрастают на несколько порядков.

Данные, приведенные на рис. 2, 3, показывают, что во влажных породах наблюдается интенсивная дисперсия  $\varepsilon$  с возрастанием на низких

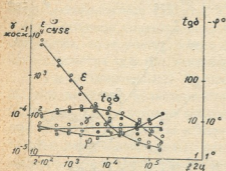


Рис. 3. Дисперсия электрических свойств мелкозернистого аллювиального песка при влажности 3% (температура 26° С)

уменьшением  $\omega$  (частоты)  $\varepsilon$  растет быстрее, чем  $\frac{1}{\omega}$ .

Для аллювиального песка  $\text{tg } \varphi$  при частоте 200 гц равен 4, т. е. реактивная компонента составляет 25% общего тока—величина, которой нельзя пренебречь. Особенно важно отметить, что этот результат получен на хорошем проводнике ( $\rho \approx 200 \text{ ом}\cdot\text{м}$ ) при низких частотах. Обычно же полагают, что в этих условиях доля реактивной компоненты пренебрежимо мала.

Полученные результаты подтверждают подмеченную ранее закономерность, касающуюся различного частотного хода кривых  $\varepsilon$  и  $\gamma$  в сухих и влажных породах. Действительно, можно считать установленным, что в сухих породах удельное активное сопротивление меняется весьма сильно при небольших вариациях  $\varepsilon$ . Во влажных же породах  $\gamma \approx \text{const}$  при интенсивной дисперсии диэлектрической проницаемости. Это объясняется различным соотношением удельной доли релаксационных процессов и омической проводимости в общей активной проводимости [5].

частотах до  $10^5$ — $10^6$  СГСЕ, тогда как проводимость изменяется очень мало. Например, проводимость кварцевого песка при влажности 14% изменяется с  $8,5 \times 10^{-5}$  до  $9,2 \times 10^{-5} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ .

Тангенс угла потерь на всех изученных образцах имеет максимум при частотах порядка  $10^3$ — $10^4$  гц и в области низких частот быстро уменьшается. Поскольку проводимость почти не меняется, то очевидно, что снижение  $\text{tg } \varphi = \frac{4\pi\gamma}{\varepsilon\omega}$  вызвано интенсивным ростом  $\varepsilon$ —с

увеличением  $\omega$  (частоты)  $\varepsilon$  растет быстрее, чем  $\frac{1}{\omega}$ .

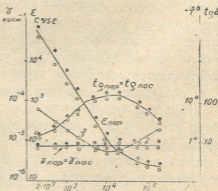


Рис. 4. Дисперсия электрических свойств кварцевого песка (диаметр зерен 0,5—1 мм) при влажности 14% (температура 26° С)

Полученные нами низкочастотные значения  $\epsilon$  не соответствуют результатам расчетов  $\epsilon$  по классической теории неоднородных диэлектриков Максвелла—Вагнера. Поэтому приходится предполагать, что аномальные низкочастотные значения  $\epsilon$  для влажных пород вызваны контактными диффузионными процессами на поверхности зерен породы, т. е. на границе раздела твердой и жидкой фазы, причем диффузионный поток может быть направлен как нормально к поверхности раздела фаз [10]—„нормальная“ диффузия, так и вокруг зерен породы—„тангенциальная“ диффузия [5].

### Выводы

1. Методика измерений электрических свойств горных пород должна учитывать возможность влияния двух искажающих факторов—неравномерной увлажненности образца и приэлектродных (электрохимических) емкостей.
2. Результаты измерений  $\epsilon$  и  $\gamma$ , воспроизводящиеся при измерениях с переменным расстоянием между электродами, следует считать свободными от упомянутых искажающих влияний.
3. Во влажных породах при сильной частотной дисперсии  $\epsilon$  наблюдается постоянство электропроводности, что было отмечено еще в работе [5].
4. Величина  $\epsilon$  на низких частотах необъяснима с точки зрения теории неоднородных диэлектриков и, очевидно, требует учета поверхностных процессов на зернах образца.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт геофизики

გეოფიზიკა

თ. ზელიძე

### ტენიანი ქანების ელექტრული თვისებების სიხშირული დისპერსიის შესწავლის საკითხისათვის

რეზიუმე

სტატიაში მოყვანილია ტენიანი ქანების დიელექტრული მუდმივის  $\epsilon$  და კუთრი ელექტრული გამტარებლობის  $\gamma$  სიხშირული დისპერსიის შესწავლის შედეგები 0,2—200 კჰც დიაპაზონში. გაზომვები ჩატარებულია შედარებით მცირე წინააღმდეგობის მქონე ნიმუშებისათვის.

ცდების შედეგად მიღებულია, რომ დიელექტრული მუდმივა განიცდის მნიშვნელოვან დისპერსიას და დაბალ სიხშირეებზე აღწევს  $10^5$ — $10^6$  CGSE, ხოლო გამტარებლობა თითქმის უცვლელია სიხშირის მთელ დიაპაზონში.

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Л. Челидзе. К вопросу дисперсии сопротивления и диэлектрической проницаемости горных пород. Труды Межвузовской конференции по индуктивным методам рудной геофизики, М., 1964.
2. Т. Л. Челидзе. К вопросу о частотной зависимости электрических свойств горных пород. Труды Ин-та геофизики АН ГССР, т. XXI, 1963.
3. Л. А. Челидзе, Т. Л. Челидзе. К вопросу об электрических свойствах бентонитовых глин в переменных полях. Труды Кутаисского пединститута, т. XXV, 1963.
4. Т. Л. Челидзе. О природе частотной дисперсии электрических свойств горных пород. XIV научная конференция аспирантов АН ГССР, 1964.
5. Т. Л. Челидзе. К вопросу о зависимости электрических характеристик горных пород от частоты поля. Автореферат, Тбилиси, 1964.
6. А. Г. Тархов. О сопротивлении и диэлектрической проницаемости горных пород в переменных электрических полях. Материалы ВНИГИ, Геофизика, сб. 12, 1948.
7. К. А. Валеев, Э. И. Пархоменко. Электрические свойства горных пород в постоянном и переменном электрических полях. Изв. АН СССР, Физика Земли, № 12, 1965.
8. М. И. Крылов. Обоснование выбора эквивалентной схемы при определении удельного сопротивления, диэлектрической и магнитной проницаемости горных пород. Изв. АН СССР, сер. геол., № 7, 1962.
9. А. Р. Хиппель. Диэлектрики и волны. ИЛ, М., 1960.
10. Л. С. Чантуришвили. О природе вызванной поляризации. Сообщения АН ГССР, т. XXXIV, № 2, 1964.

Е. М. БЕНАШВИЛИ, Х. И. АРЕШИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР),  
Т. Т. КУРАШВИЛИ, А. В. ДОЛИДЗЕ

## ПРЕВРАЩЕНИЯ ЦИКЛОГЕКСЕНА НА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АЛЮМОСИЛИКАТАХ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

В предыдущей работе [1] исследована реакция дегидратации циклогексанола на природном и синтетических цеолитах типа X и A, а также на гумбрине и промышленном алюмосиликате.

В работах [2, 3] было показано изомеризирующее действие природного и активированного гумбринна и синтетического алюмосиликата на образовавшийся в результате дегидратации циклогексанола циклогексен.

Данная работа касается каталитических превращений циклогексена над различными формами синтетических цеолитов типа X, Y и A, наряду с природными и синтетическими алюмосиликатами. В настоящей работе приводятся результаты, показывающие влияние природы ионообменных катионов, соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  и молекулярно-ситовых свойств цеолитов различных типов на реакцию изомеризации циклогексена. Реакция изомеризации циклогексана в присутствии различных окислов подробно исследована Н. Д. Зелинским, Ю. А. Арбузовым [4] и А. Ф. Платэ [5]. Превращения циклогексена и других циклоолефинов на некоторых природных и синтетических алюмосиликатах и активированной окиси алюминия были исследованы в работах А. В. Фроста [6], Х. И. Арешидзе [7], Н. И. Шуйкина [8], Ал. А. Петрова [9].

Молекулярные сита X и Y типов в различных ионообменных формах и кислый морденит в качестве носителей для Pt, Pd, Rh и Ir катализаторов использованы Х. М. Миначевым и сотрудниками [10] в реакциях изомеризации n-алканов, циклогексана, гидрирования и гидризомеризации бензола. Они же изучили реакции дегидратации этилового спирта и алкилирования бензола пропиленом в присутствии цеолитов. Авторы [10] приводят интересные данные о влиянии природы катиона и соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  в цеолитах на реакции изомеризации и алкилирования. Оказалось, что замена одновалентного катиона  $\text{Na}^+$  на двухвалентный  $\text{Ca}^{++}$  приводит к резкому возрастанию активности катализатора. В том же направлении влияет и увеличение соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Аналогичное наблюдение было сделано ими и при алкилировании бензола пропиленом.



### Экспериментальная часть

Исходный циклогексен был получен дегидратацией циклогексанола на НХ-гранулированном цеолите при 180—200°C. Он имел следующие свойства: т. кип. 81—82°C при P 739 мм;  $d_4^{20}$  0,8079,  $n_D^{20}$  1,4464 и бромное число 196,0.

В качестве катализаторов использовались синтетические цеолиты, X, Y и A типов в различных катионных формах. Для цеолитов X соотношение  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  составляло 2,5, для A—1,95 и для Y—4,8. Формы  $\text{Co}^{++}$  и  $\text{Ni}^{++}$  цеолита X и форма  $\text{Ca}^{++}$  цеолита Y готовились нами путем ионного обмена из соответствующих натриевых цеолитов.

Водородные и декатионированные формы синтетических цеолитов типа X и A были получены из ГОБ ВНИИ НП.

Кроме синтетических цеолитов, в реакции изомеризации циклогексена исследованы также анальцим, природный и активированный гумбрин и промышленный алюмосиликат Бакинской катализаторной фабрики. Химический состав анальцима и промышленного алюмосиликата приведен в нашей предыдущей работе [1].

Активированный гумбрин был получен путем обработки природного гумбринна 10% серной кислотой при кипячении на водяной бане в условиях постоянного перемешивания. Обработанный таким образом гумбрин отфильтровывался на вакуум-воронке, промывался дистиллированной водой до отрицательной реакции на сульфат-ион, сушился сперва на воздухе, а затем в термостате при 160°C.

Ниже приводим результаты химического анализа в вес. % природного и активированного гумбринна.

Гумбрин	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	$\text{TiO}_2$	MnO	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{SO}_2$	п. п. п.
Природный	64,19	15,72	2,29	0,27	0,76	0,01	3,14	3,45	0,94	0,75	0,12	7,93
Активированный	72,93	14,32	1,22	0,15	0,41	слезы	1,34	1,56	0,45	0,36	0,04	6,50

Опыты проводились при атмосферном давлении в обычной установке проточного типа. Реактором служила каталитическая кварцевая трубка с внутренним диаметром 18 мм и длиной 46 см. Продукты превращения собирались в приемнике и улавливались в змеевике, помещенном в сосуд Дьюара с охлаждающей смесью.

Условия опытов — температура 260°C и объемная скорость 0,2 час<sup>-1</sup> были приняты нами в качестве модельных для всех исследованных катализаторов. В каждом опыте загружалась свежая порция катализатора в количестве 50 мл и пропускалось по 25 мл циклогексена. Полученные катализаты фракционировались с отбором фракций, кипящих до температуры кипения исходного углеводорода, в пределах температуры кипения исходного циклогексена и выше 82°.

Для этих фракций определялись физические свойства и бромные числа, на основании которых высчитывалось содержание непредельных углеводородов в первых двух фракциях. Для идентификации углеводородов, входящих в их состав, проводилось также спектроско-

пическое исследование методом комбинационного рассеяния. Результаты исследования представлены в таблице.

Как видно из таблицы, натриевые формы цеолитов независимо от соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  неактивны в реакции изомеризации циклогексена, как и в реакциях изомеризации *n*-алканов и гидроизомеризации бензола [10].

В катализатах, полученных на  $\text{NaX}$  и  $\text{NaY}$ , методом комбинационного рассеяния (КР) обнаружен только циклогексен.

При замещении  $\text{Na}^+$  на  $\text{Ca}^{++}$  резко повышается изомеризирующая способность цеолитов по отношению к циклогексену, причем гораздо активнее становится  $\text{CaY}$ , что связано с повышенным содержанием в нем  $\text{SiO}_2$ , по сравнению с  $\text{CaX}$ . Это сказывается как на выходе фракции, кипящей ниже исходного углеводорода—21,4% в опытах с  $\text{CaX}$  и 69,0% с  $\text{CaY}$ , так и на их составе. В опытах с  $\text{CaY}$  получены более насыщенные продукты изомеризации с бромным числом 62,3 против 116,4 в случае  $\text{CaX}$ , тогда как бромное число исходного циклогексена 196,0. Фракция катализата, кипящая в пределах исходного углеводорода 79—82°, также значительно насыщена, так как содержит только 52,8% циклогексена.

В присутствии  $\text{CaY}$  более интенсивно происходит характерная для алюмосиликатов реакция перераспределения водорода, на что указывает также значительное закоксовывание катализатора, по сравнению с другими формами цеолитов. Методом КР установлено, что первые две фракции катализаторов, полученных в присутствии  $\text{CaX}$  и  $\text{CaY}$ , имеют одинаковый качественный состав. Идентифицированы следующие углеводороды: 1-метилциклопентен-1 ( $\Delta\nu \text{ см}^{-1}$ —1659, 880, 1011, 326, 904, 579), метилциклопентан ( $\Delta\nu \text{ см}^{-1}$ —890, 534, 839, 849), циклогексен ( $\Delta\nu \text{ см}^{-1}$ —825, 1654, 1223, 396) и циклогексан ( $\Delta\nu \text{ см}^{-1}$ —802, 1029, 1267).

Что же касается цеолита  $\text{CaA}$ , он неактивен в этой реакции, в отличие от реакции дегидратации циклогексанола [1], которая, по всей вероятности, происходит на внешней поверхности этого цеолита. Инертность в реакции изомеризации цеолита  $\text{CaA}$  можно будет объяснить несоответствием размера пор с критическим размером молекулы, препятствующим проникновению циклогексена вовнутрь кристаллических полостей цеолита и тем самым затрудняющим доступ углеводорода к катионным адсорбционным центрам, способствующим, по-видимому, реакции изомеризации.

Молекулярно-ситовым действием следует объяснить также инертность в реакции изомеризации циклогексена водородной и декатионированной форм цеолитов типа *A* и анальцима (см. таблицу), хотя последний в реакции дегидратации циклогексанола проявляет значительную активность [1]. В катализатах, полученных на этих цеолитах, методом КР установлено присутствие только циклогексена.

Из исследованных нами двухвалентных катионов  $\text{Co}^{++}$  и  $\text{Ni}^{++}$  проявляют очень слабую каталитическую способность в реакции изомеризации циклогексена, хотя наблюдается некоторое понижение температу-

Результаты превращения циклогексана на различных катализаторах при t 200°C и объемной скорости 0,2 час<sup>-1</sup>

Соотношение вещество:катализатор—1:2

Катализатор	Свойства фракции с т. кип. до 79°C						Свойства фракции с т. кип. 79—82°C				Свойства остатка с т. кип. 82°C >				
	Выход, вес. % <sup>1</sup>	Н. к. °C	$\rho_{20}^{20}$	$d_{4}^{20}$	Бромное число	Непродельные, вес. %	Выход, вес. %	$\rho_{20}^{20}$	$d_{4}^{20}$	Бромное число	Непродельные, вес. %	Выход, вес. %	$\rho_{20}^{20}$	$d_{4}^{20}$	Бромное число
NaX	—	—	—	—	—	—	84,3	1,4490	0,8029	181,6	93,2	15,7	1,4650	0,8412	134,1
NaY	—	—	—	—	—	—	77,0	1,4490	0,8014	180,5	92,6	23,0	1,4523	0,8380	163,3
CaX	21,4	75	1,4291	0,7785	116,4	59,7	49,0	1,4361	0,7912	146,3	75,0	30,6	1,4750	0,8688	38,2
CaY	69,0	71	1,4240	0,7718	92,3	31,9	31,0	1,4335	0,7886	162,9	52,8	—	—	—	—
CaA	—	—	—	—	—	—	100	1,4459	0,8062	185,5	95,7	—	—	—	—
HX	62,8	74	1,4278	0,7777	105,3	54,0	34,7	1,4379	0,8085	187,1	95,9	22,5	1,4520	0,8300	82,4
HA	—	—	—	—	—	—	100,0	1,4400	0,8061	183,9	97,0	—	—	—	—
DeX	20,5	76	1,4339	0,7854	136,0	69,8	55,4	1,4430	0,7970	163,6	83,9	24,1	1,4680	0,8566	87,1
DeX <sup>2</sup>	43,9	66	1,4339	0,7782	128,0	65,7	32,9	1,4400	0,7949	156,7	80,4	23,2	1,4720	0,8324	91,0
DeA	—	—	—	—	—	—	100	1,4400	0,8065	183,8	94,3	—	—	—	—
CoX	—	—	—	—	—	—	78,0 <sup>3</sup>	1,4415	0,8008	176,4	87,4	22,0	1,4578	0,8330	130,5
NiX	—	—	—	—	—	—	87,1 <sup>4</sup>	1,4445	0,8088	176,8	89,7	12,9	1,4495	0,8163	124,1
Анализ	—	—	—	—	—	—	100	1,4490	0,8033	185,4	93,7	—	—	—	—
Гумбрин природный	8,8	76	1,4349	0,7879	122,2	62,7	76,5	1,4430	0,8056	177,2	90,9	14,7	1,4571	0,8305	145,9
Гумбрин активированный	32,8	69—72	1,4135	0,7571	24,4	12,4	—	—	—	—	—	67,2	1,4635	0,8719	34,4
Гумбрин активированный <sup>5</sup>	42,7	70—72,5	1,4181	0,7729	76,1	39,0	—	—	—	—	—	57,3	1,4840	0,8770	48,2
Гумбрин активированный <sup>6</sup>	52,7	70—76	1,4248	0,7716	118,7	60,8	—	—	—	—	—	47,3	1,4845	0,8724	79,4
Промышленный алюмо-силикат	57,2	70—73,5	1,4119	0,7464	3,2	1,8	—	—	—	—	—	42,8	1,4760	0,8864	0,7

<sup>1</sup> Выход фракций катализаторов во всех случаях указан на полученную смесь углеводородов. <sup>2</sup> Температура опыта 300°C.

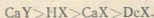
<sup>3</sup> Н. к. фракции 77°C. <sup>4</sup> Н. к. фракции 75°C. <sup>5</sup> Объемная скорость 0,5 час<sup>-1</sup>. <sup>6</sup> Объемная скорость 1,0 час<sup>-1</sup>.

ры кипения катализата и в результате перераспределения водорода имеется незначительное насыщение фракций, кипящих в пределах 75—82°C.

Значительную активность в реакции изомеризации циклогексена проявляет водородная форма цеолита X, в присутствии которого образуется 42,8% фракции, кипящей до 79°, с бромным числом 105,3, содержащей 46% насыщенных углеводородов.

Изомеризирующая способность декатионированной формы цеолита X несколько ниже. С повышением температуры реакции до 300°C на этом цеолите усиливается реакция изомеризации циклогексена при незначительном повышении реакции перераспределения водорода. Спектроскопические исследования катализаторов, полученных на HX и DcX, показали, что они, в отличие от таковых, полученных на CaX и CaY, содержат также в небольшом количестве (7—10%) 1-метилциклопентен-3, который был идентифицирован по  $\Delta\nu$  см<sup>-1</sup>—1614.

Если сравнить все исследованные нами синтетические цеолиты в модельных условиях, то по своей изомеризирующей активности их можно расположить в ряд



В таблицу сведены также данные по изомеризации циклогексена на природном и активированном алюмосиликатах. Резкое усиление как реакции изомеризации, так и перераспределения водорода имеет место на активированном гумбрине. В условиях 260° и объемной скорости 0,2 час<sup>-1</sup> циклогексен полностью превращается, с одной стороны, в сильно насыщенные низкокипящие (69—72°) углеводороды, содержащие только 12,4% непредельных, и, с другой стороны, в продукты, кипящие выше 82°. При повышении объемной скорости до 0,5 час<sup>-1</sup> наблюдается некоторое повышение выхода изомеризата, имеющего более высокое бромное число, что указывает на уменьшение реакции перераспределения водорода, которая еще заметнее понижается с увеличением объемной скорости до 1,0 час<sup>-1</sup>.

Как установлено методом КР, катализаты циклогексена, полученные на активированном гумбрине при объемных скоростях 0,2 час<sup>-1</sup> и 0,5 час<sup>-1</sup>, представляют собой смеси метилциклопентана и 1-метилциклопентена-1 с преобладанием последнего в катализате, полученном при 0,5 час<sup>-1</sup>.

При дальнейшем повышении объемной скорости до 1,0 час<sup>-1</sup> в катализате появляется также в небольшом количестве циклогексен, не протерпевший изменений.

При пропускании циклогексена на промышленном алюмосиликате в модельных условиях опыта сразу же получается почти сполна гидрированный изомеризат, представляющий собой чистый метилциклопентан. Это подтверждается, наряду с физическими свойствами, и данными спектроскопического исследования фракции 70—73,5°, где иден-

тифицирован метилциклопентан по характерным частотам:  $\Delta\nu$   $\text{см}^{-1}$  — 890, 534, 839, 849.

Как видно из представленного материала, активированные и синтетический алюмосиликаты катализируют реакции изомеризации и в особенности перераспределения водорода значительно сильнее, чем синтетические цеолиты. В присутствии цеолитов изомеризация не всегда сопровождается таким же интенсивным перераспределением водорода, за исключением цеолита CaY.

### Выводы

1. Исследована реакция изомеризации циклогексена на синтетических цеолитах типов X, Y и A и также на природных и синтетическом алюмосиликатах — в модельных условиях опыта.

2. В результате исследования выявлена высокая изомеризирующая активность формы Ca цеолита со структурой Y, что обусловлено высоким соотношением  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , по сравнению с CaX.

3. Помимо повышенного содержания  $\text{SiO}_2$  в цеолите, на его каталитическую активность влияет природа ионообменного катиона. Катион натрия неактивен в реакции изомеризации циклогексена независимо от структуры цеолита.

4. Исследованные нами синтетические цеолиты по своей изомеризирующей активности можно расположить в ряд



Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и органической  
химии им. П. Г. Меликишвили

(Поступило в редакцию 10.12.1966)

კიბია

ე. ბენაშვილი, ჰრ. არეშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), თ. უშრაშვილი, ა. დოლიძე

ციკლოჰექსენის გარდაქმნა სხვადასხვა სტრუქტურის  
კრისტალურ ალუმოსილიკატებზე

რეზიუმე

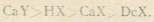
შრომში შესწავლილია ციკლოჰექსენის გარდაქმნა X, Y და A ტიპის სინთეზური ცეოლიტების სხვადასხვა იონგაცვლით ფორმებზე, აგრეთვე ბუნებრივ, გააქტივებულ და სინთეზურ ალუმოსილიკატებზე. ჩვენ მიერ გამოყენებული კონტაქტების კატალიზური თვისებების გამოვლინებისა და ურთიერთ შედარების მიზნით ცდები ტარდებოდა მოდელოურ პირობებში  $260^{\circ}$  ტემპერატურაზე და 0,2 საათი<sup>1</sup>-მოცულობითი სიჩქარით გამდინარე ტიპის აპარატში.



ატმოსფერულ წნევაზე. შეფარდება კატალიზატორისა გატარებულ ნახშირწყალბადის მიმართ შეადგენდა 2:1.

როგორც გამოკვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, სინთეზური ცეოლითებიდან მალარი კატალიზური აქტივობით ციკლოპექსენის იზომერიზების რეაქციაში გამოირჩევა CaY ცეოლითი, რომელიც ხასიათდება  $SiO_2/Al_2O_3$  მალარი შეფარდებით. (X სტრუქტურის ცეოლითებთან შედარებით, გარდა  $SiO_2$ -ის შემცველობისა, კატალიზურ აქტივობაზე დიდ გავლენას ახდენს ცეოლითებში შემავალი იონგაცვლითი კაიონების ბუნება. Na-ის კაიონი ინერტულია ციკლოპექსენის იზომერიზების რეაქციაში ცეოლითის სტრუქტურის მიუხედავად.

ჩვენ მიერ შესწავლილი ცეოლითები კატალიზური აქტივობის მიხედვით შეიძლება განვალაგოთ შემდეგ მწყობრში:



A ტიპის ცეოლითები არ იწვევენ ციკლოპექსენის იზომერიზებას თავისი მოლეკულურ-საცრული თვისებების გამო, რაც გამოწვეულია ცეოლითის ფორებისა და ციკლოპექსენის მოლეკულის კრიტიკული ზომის შეუსაბამობით.

გააქტივებული ამორფული ალუმოსილიკატები და სინთეზური ქარხნული ალუმოსილიკატი მალარი აქტივობით ხასიათდებიან როგორც ციკლოპექსენის იზომერიზების, ისე განსაკუთრებით წყალბადის გადანაწილების რეაქციაში. ეს უკანასკნელი რეაქცია სინთეზურ ცეოლითებზე ნაკლები ხარისხით მიმდინარეობს.

დამოუკიდებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. X. И. Арешидзе, Е. М. Бенашвили, Т. Т. Курашвили. Дегидратация циклогексанола на природном и синтетических цеолитах. Сообщения АН ГССР, № 1, 1966, 67.
2. X. И. Арешидзе и Е. К. Таварткиладзе. Дегидратация циклогексанола гумбрином. ЖПХ, 22, 1949, 119.
3. X. И. Арешидзе и Е. М. Бенашвили. Получение метилциклопентана дегидратацией циклогексанола и изомеризацией циклогексена с последующим гидрированием. В сб.: «Поверхностные явления на алюмосиликатах», изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1965, 114.
4. Н. Д. Зелинский и Ю. А. Арбузов. О контактном превращении шестичленного цикла в пятичленный. ДАН СССР, 23, 1939, 793; ДАН СССР, 30, 1941, 712.
5. А. Ф. Платэ. Одновременная гидро- и дегидрогенизация циклических олефинов (циклогексена и циклопентена). ЖОХ, 15, 1945, 156.
6. А. Ф. Николаева, В. М. Татевский, А. В. Фрост. Превращение циклогексена над активированной глиной. ЖОХ, 15, 1945, 796.
7. X. И. Арешидзе. Изомеризация олефинов и циклоолефинов в присутствии гумбрина. Изв. АН СССР, ОХН, 1950, № 2, 178.
8. «მოამბე», XLVI, № 1, 1967

8. Н. И. Шуйкин и Е. А. Тимофеева. Исследование превращения индивидуальных углеводородов в контакте с активизированной глиной. Изв. АН СССР, ОХН, 1953, 678.
9. Ал. А. Петров, А. В. Фрост и М. И. Батуев. Изомерные превращения олефиновых углеводородов над алюмосиликатами. Изв. АН СССР, ОХН, 1951, № 6, 745.
10. Х. М. Миначев, В. И. Гаранин, Я. И. Исаков. Новые катализаторы — синтетические цеолиты и некоторые вопросы подбора цеолитных катализаторов В сб.: «Научные основы подбора катализаторов гетерогенных каталитических реакций», изд. «Наука», 1966, 214.



ХИМИЯ

К. А. АНДРИАНОВ (академик), А. И. НОГАЙДЕЛИ,  
Р. Ш. ТКЕШЕЛАШВИЛИ, Л. И. НАКАИДЗЕ

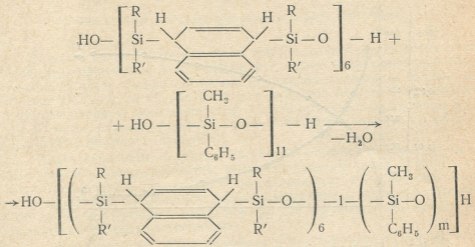
О РЕАКЦИИ КОНДЕНСАЦИИ  $\alpha$ ,  $\omega$ -ДИГИДРОКСИМЕТИЛФЕНИЛ-  
СИЛОКСАНА С ОЛИГОМЕРАМИ СИЛДИГИДРОНАФТИЛЕНСИ-  
ЛОКСАНОВОГО РЯДА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 4. 11. 1966)

В предыдущей работе [1] нами исследована реакция поликонденсации  $\alpha$ ,  $\omega$ -диоксидиметилсилоксана с различными олигомерами силдигидронафтиленсилоксанового ряда.

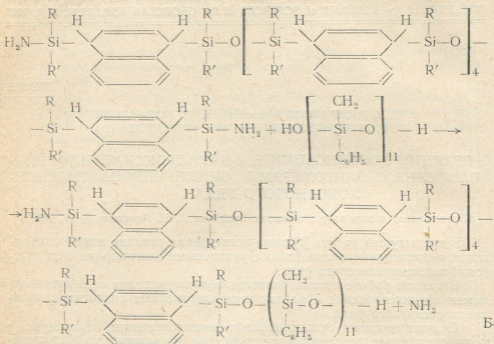
В данной работе рассматривается поликонденсация  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси-метилфенилсилоксана с различными олигомерами силдигидронафтиленсилоксанового ряда.

Поликонденсация силдигидронафтиленсилоксановых олигомеров с полиметилфенилсилоксаном была проведена при молярных соотношениях реагирующих компонентов 1 : 1. При изучении процесса поликонденсации силдигидронафтиленсилоксановых олигомеров с  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси-метилфенилсилоксаном при 200° было установлено, что реакция протекает аналогично, как в случае поликонденсации указанных олигомеров с  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси-диметилсилоксаном. Отличие состоит в том, что в данном случае процесс протекает с меньшей скоростью. Реакция поликонденсации идет по следующей схеме:



где R=R'=-CH<sub>3</sub>; R'=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>;





Б

где  $\text{R}=\text{CH}_3$ ;  $\text{R}'=\text{C}_6\text{H}_5$ .

Поликонденсация  $\alpha$ ,  $\omega$ -диамино/ди (метилфенил) силнафтилен/силоксана с полиметилфенилсилоксаном ( $n = 11$ ) протекает по указан-

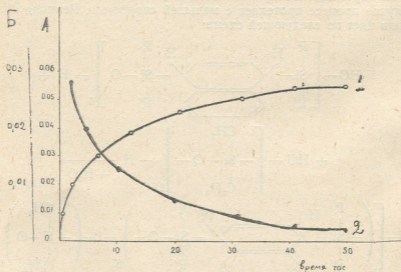


Рис. 1. Количество (1) выделившегося аммиака и скорость (2) его выделения: А—количество NH<sub>3</sub>, Б—скорость выделения NH<sub>3</sub>.

ной схеме Б. В процессе реакции выделяется аммиак и закономерно увеличивается вязкость образующегося полимера. Из рис. 1 видно, что скорость выделения аммиака во время реакции постепенно падает (рис. 1, кривая 2), а вязкость полимера заметно увеличивается (рис. 2, кривая 3). После выделения около 70% аммиака (рис. 1, кривая 1) через 52 часа конденсации удельная вязкость раствора полимера в толуоле достигает 0,27 (рис. 2, кривая 3).

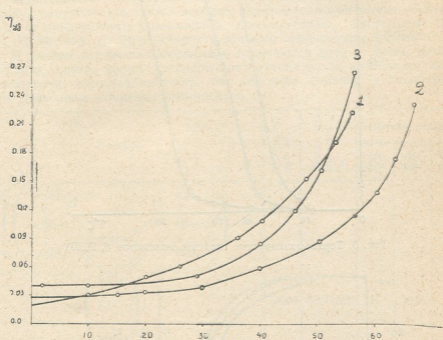


Рис. 2. Изменение удельной вязкости в ходе конденсации

В аналогичных условиях (при  $200^\circ$ )  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси(тетраметил-силнафтилен)силоксан конденсируется с полиметилфенилсилоксаном в течение 55 часов и удельная вязкость раствора полимера в толуоле достигает 0,23 (рис. 2, кривая 1), а  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси/ди(метилфенил)силнафтилен/силоксан конденсируется с полиметилфенилсилоксаном и после 65 часов реакции удельная вязкость раствора полимера в толуоле достигает 0,24 (рис. 2, кривая 2).

Полученные нами полимеры представляют собой твердые, прозрачные, стеклоподобные вещества, темно-коричневого цвета, хорошо растворимые в бензоле, толуоле и четыреххлористом углероде. Они сохраняют частичную растворимость после нагревания в течение 5 часов при  $250^\circ$ , а после нагревания полимеров при  $350^\circ$  в течение 20 минут они полностью теряют растворимость.

Синтезированные нами полимеры в растворимом состоянии, после испарения растворителя, образуют на поверхностях твердые пленки.

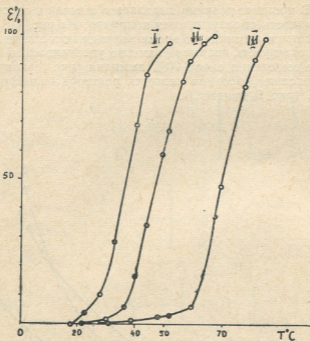


Рис. 3. Термомеханические свойства полимеров (I, II, III)

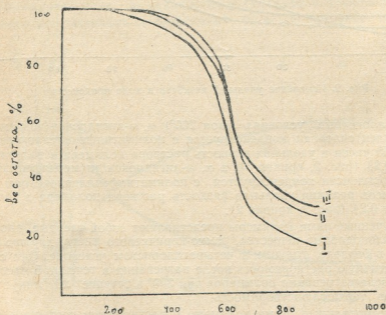


Рис. 4. Термогравиметрические кривые полимеров

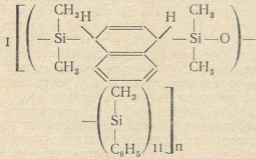
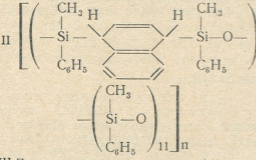
Молекулярный вес <sup>(1)</sup> полимеров приведен в таблице.

Исследование термомеханических свойств полимеров (рис. 3) показало, что термомеханические кривые имеют вид, характерный для низкомолекулярных полимеров.

Данные термической стабильности, определенные по потере веса в процессе нагрева при 350°C, показали, что во всех случаях потери веса имеют очень малые значения, находящиеся в пределах 1–4%.

Устойчивость синтезированных полимеров к действию высоких температур определялась также методом термогравиметрического анализа, на весах нагрузивного взвешивания (дериватограф) системы Ф. Паулик, И. Паулик, Л. Эрди, скорость подъема температуры 2,6°/мин<sup>(2)</sup>.

В данном случае полимеры мало отличаются друг от друга (рис. 4, таблица), однако полимер, содержащий аминогруппы на концах, имеет повышенную термостабильность, что, вероятно, связано с ингибирующим действием концевых аминогрупп.

Полимер	Молекулярный вес	Начало разложения, °C	Потеря веса, %		
			при 500°	при 600°	при 900°
I 	53200	350–360	17	40,5	80
II 	42200	370–380	13,5	37	70
III Полимер на основе $\alpha, \omega$ -диамино/ди (метилфенил) нафтилен/силоксана	68200	370–380	10,5	32	69

Интересно отметить, что прогрев полимеров до 900°C не приводит к деструкции полиорганосилоксановой главной цепи молекулы, потери веса соответствуют потере органической части полимера.

(1) Определен методом светорассеяния.

(2) Исследование проводили в лаборатории физики полимеров ИНЭОС АН СССР.

Как видно из приведенных данных, полимеры, полученные с помощью  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидроксиметилфенилсилоксана, имеют более высокую тепловую устойчивость по сравнению с полимерами, полученными на основе  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидроксидиметилсилоксана. Эти результаты согласуются с известными данными о том, что полиорганосилоксаны с ароматическими группами в основной цепи или в обрамлении более термостойки, чем полимеры с алкильными радикалами [2].

#### Экспериментальная часть

В работе были использованы силдигидронафтиленсилоксановые олигомеры, полученные по методикам, описанным ранее [3].  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидроксиметилфенилсилоксан ( $n=11$ ) получали по методике, предложенной в работе [4].

Поликонденсация  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси(тетраметилсилдигидронафтилен)силоксана с  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси-метилфенилсилоксаном (ДОМФС) ( $n=11$ ). В трехгорлую колбу, снабженную мешалкой, термометром и обратным холодильником, помещали ксилольный раствор 5 г (0,0031 моля)  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси(тетраметилсилдигидронафтилен)силоксана с молекулярным весом 1580 и 5,2 г (0,0031 моля) ДОМФС с молекулярным весом 1520. Реакционную колбу нагревали до температуры 150°. После двухчасового кипения смеси отгоняли растворитель. После удаления всего растворителя отбирали начальную пробу и продолжали конденсацию при 200—210°. Температура реакционной смеси поддерживалась постоянной (200—210°) в течение всего опыта. Через определенное время из реакционной смеси отбирали пробы и определяли вязкость 1% раствора в толуоле. Полученные результаты приведены на рис. 2 (кривая 1).

Полученный полимер представляет собой твердый, прозрачный, стеклоподобный, продукт, темно-коричневого цвета, хорошо растворимый в бензоле, толуоле, четыреххлористом углероде, частично растворимый после выдержки в течение 5 часов при 250°, но теряющий полностью растворимость при дальнейшем нагревании при 350° в течение 20 минут.

Найдено, %: С 62,65; 62,80; Н 7,02; 7,22; Si 20,88; 21,22.

$C_{161}H_{208}Si_{23}O_{17}$ .

Вычислено, %: С 63,16; Н 6,84; Si 21,1.

Поликонденсацию  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси/ди(метилфенил)силдигидронафтилен/силоксана с ДОМФС проводили аналогично методике, описанной в предыдущем опыте. Для реакции было взято 13 г (0,0056 моля)  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидрокси/ди(метилфенил)силдигидронафтилен/силоксана с молекулярным весом 2292 и 8,5 г (0,0056 моля) ДОМФС. Конденсацию проводили при 200—210°. Изменение вязкости 1% толуольного раствора приведено на рис. 2 (кривая 2).

Полученный полимер — прозрачный, коричневого цвета, растворимый в бензоле, толуоле, четыреххлористом углероде, но теряющий растворимость при дальнейшем нагревании до температуры 350° в течение 20 минут.

Найдено, %: С 70,20; 69,95; Н 6,50; 61,32; Si 17,21; 17,15;

$C_{221}H_{232}Si_{23}O_{17}$

Вычислено, %: С 69,73; Н 6,14; Si 16,97.

Поликонденсацию  $\alpha$ ,  $\omega$ -диаминоди(метилфенил)силдигидронафтилен/силоксана с ДОМФС проводили по методике, описанной в предыдущем опыте, при 200—210° в течение 52 часов. Для реакции было взято 10 г (0,0043 моля  $\alpha$ ,  $\omega$ -диаминоди(метилфенил)силнафтилен/силоксана с молекулярным весом 2292 и 6,5 г (0,0043 моля) ДОМФС. Выделяющийся аммиак поглощали водой и оттитровывали 0,1N  $H_2SO_4$ . Реакцию заканчивали после прекращения выделения аммиака. В ходе реакции измеряли количество выделяющегося аммиака и вязкость реакционной массы. Полученные результаты приведены на рис. 1. За 52 часа общее количество выделившегося аммиака составляло 70%.

Продукт конденсации — полимер, имеющий относительную вязкость 1, 2, 4, прозрачный, стеклоподобный, коричневого цвета, растворимый в бензоле, толуоле, четыреххлористом углероде, но теряющий полностью растворимость после выдержки полимера при температуре 350° в течение 20—30 минут.

Найдено, %: С 69,21; 69,38; Н 6,54; 6,44; Si 17,32; 17,24.

$C_{221}H_{232}Si_{23}O_{17}$

Вычислено, %: С 69,73; Н 6,14; Si 16,97.

### Выводы

1. Исследована реакция поликонденсации  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидроксиметилфенилсилоксана с различными олигомерами силдигидронафтиленсилоксанового ряда и синтезированы новые полимеры с нафтиленсилоксановыми звеньями в цепях молекул.

2. Изучены физико-химические свойства полученных полимеров.

3. Устойчивость синтезированных полимеров к действию высоких температур определялась методом термогравиметрического анализа; установлено, что нагревание полимеров до температуры 900°C сопровождается частичным окислением органических радикалов у атома кремния, но не наблюдается заметной деструкции главной цепи молекулы.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 4.11.1966)

3080A

ბ. ანდრეანოვი (ავადემიოსი), ბ. ნოღაიძე, რ. ტყეშელაშვილი, ლ. ნაკაიძე

$\alpha$ ,  $\omega$ -დიჰიდროქსიმეთილ-ფენილ-სილოქსანის სილიციდრო-  
ნაფტილენ-სილოქსანური რიგის ოლიგომერებთან კონდენსაციის  
რეაქციის შესახებ

რეზიუმე

თერმოდგრადი სილიციუმორგანული პოლიმერების მიღების მიზნით, ჩვენ მიერ პირველადაა ჩატარებული  $\alpha$ ,  $\omega$ -სილნაფტილენ სილოქსანური რიგის სხვადასხვა ოლიგომერებთან  $\alpha$ ,  $\omega$ -დიჰიდროქსიმეთილფენილსილოქსანის კონდენსა-

ციის რეაქციები და მიღებულია ახალი თერმოსტაბილური პოლიმერები ნაფტილენსილოქსანური ჯაჭვით მოლეკულაში.

შესწავლილია სინთეზირებული პოლიმერების ფიზიკური თვისებები, თერმომექანიკა და თერმული მდგრადობა მაღალი ტემპერატურის მიმართ თერმოგრაფომეტრული მეთოდით. დადგენილია, რომ პოლიმერების გაცხელება  $900^{\circ}\text{C}$  მიმდინარეობს სილიციუმის ატომთან მდგომი ორგანული რადიკალების ნაწილობრივი დაჟანგვით, მაგრამ ამ დროს არ შეიმჩნევა მოლეკულის მთავარი ჯაჭვის დესტრუქცია. პოლიმერების დაკარგული წონა  $500^{\circ}\text{C}$  არ აღემატება 17%-ს.

დადგენილია, რომ სილნაფტილენსილოქსანურ პოლიმერებში— $\text{NH}_2$  ჯგუფის არსებობა ზრდის თერმოსტაბილობას, რაც განპირობებულია ამინოჯგუფის ინგიბიტორული მოქმედებით.

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები ეთანხმება ლიტერატურულ მონაცემებს იმის შესახებ, რომ პოლიმერების ძირითად ჯაჭვში, ან გვერდით ჯაჭვში არომატული ჯგუფის არსებობა რამდენადმე ზრდის თერმომდგრადობას, ვიდრე პოლიმერებში ალკილის რადიკალების არსებობა.

#### დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. კ. ა. ანდრიანოვ, ა. ი. ნოგაიდელი, პ. შ. ტკეშელაშვილი. О реакции конденсации  $\alpha$ ,  $\omega$ -дигидроксидиметилсилоксана с олигомерами силнафтиленсилоксанового ряда. ВМС, № 11, 1966, 1919.
2. ა. ი. პეტრაშკო, კ. ა. ანდრიანოვ. О термоокислительной деструкции полимеров с неорганическими главными цепями молекул. ВМС, № 8, 1954, 1505.
3. პ. შ. ტკეშელაშვილი, კ. ა. ანდრიანოვი ა. ი. ნოგაიდელი. О реакции диметил-и фенилметилдихлорсиланов с 1,4-дилитий-1,4-дигидрофталином. Изв. АН СССР, сер. хим., 1965, 1396.
4. კ. ა. ანდრიანოვ, შ. ბ. პიჩხაძე, ა. ი. ნოგაიდელი, ც. ი. ვარდოსანიძე. Поли-бис(8-оксизинолин)титанометилфенилсилоксаны. Сообщения АН ГССР, XXXIII, № 3, 1964.



ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. В. САРУХАНИШВИЛИ, Е. М. МИЛЮКОВ

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  НА КРИСТАЛЛИЗАЦИЮ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО СТЕКЛА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 12.7.1966)

Известен ряд работ [1—2], посвященных вопросу влияния  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  на кристаллизацию силикатных стекол. Коротко резюмируем основные экспериментальные результаты этих исследований.

1. Стекла системы  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  при введении малых добавок кристаллизуются по объему и имеют тонкозернистую кристаллическую структуру. В центрах кристаллических групп расположены мелкие частички  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Было предположено, что частички  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  действуют как инициаторы кристаллизации [1].

2. Добавки  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в стекла системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  с примесями железа при низкотемпературной термообработке приводят к образованию твердых растворов в ряду  $\text{MgAl}_2\text{O}_4-\text{MgCr}_2\text{O}_4$ . Данное явление способствует объемной кристаллизации [2].

Нами исследовалось влияние малых добавок  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  на кристаллизацию многокомпонентного стекла, полученного на основании сочетания гранита Сурамского и доломита Абанойского месторождений. Химический состав исследуемой области стекол был следующим (вес. %):  $\text{SiO}_2-61,5-64,62$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3-10,0-11,5$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3-0,8$ ;  $\text{MgO}-7,8-6,6$ ;  $\text{CaO}-12,3-10,3$ ;  $\text{R}_2\text{O}-6,7$ .

Кристаллизация стекол данной области составов вне зависимости от характера термообработки (длительность, последовательность и направленность) начиналась с поверхности. Полное зарухание стекла наблюдалось при температурах  $1000-1050^\circ\text{C}$ . Фазовый состав стекла при кристаллизации изменялся от преобладающего количества пироксена к сочетанию пироксена с плагиоклазом (при  $1000-1050^\circ\text{C}$ ). Поликомпонентность объяс-



а

Рис. 1. Электронномикроскопические снимки исходного стекла (а) и...



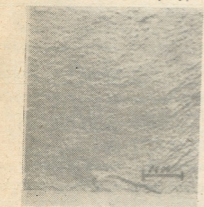
няется расположением фигуративной точки на диаграмме  $Ab-An-Di$ .

Выделение пироксена при низких температурах может быть объяснено возрастающей затрудненностью кристаллизации силикатов по мере изменения состава от  $Si:O=1:4$  к  $Si:O=1:2$ . Для диоксида это соотношение равно 1:3, а для плагиоклазов—1:2 [3].

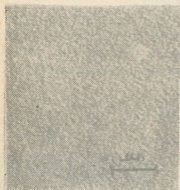
Введение в стекла данной области малых добавок  $Cr_2O_3$  (до 1 вес. %) приводит к коренному изменению характера кристаллизации. Стекло, термообработанное как „сверху“, так и „снизу“, кристаллизуется по всему объему. Однако, если продукт, получаемый кристаллизацией „сверху“, крупнозернистый и претерпевает деформацию, кристаллизация „снизу“ приводит к монолитной структуре продукта. Данный процесс изучали более детально.

Электронномикроскопическое исследование стекла с  $Cr_2O_3$  обнаруживает микрогетерогенное строение. Стекло состоит из каплевидных частиц размером 400—600 Å, равномерно расположенных по всему объему (рис. 1, а). Подобная картина в литературе часто отождествляется с ликвацией.

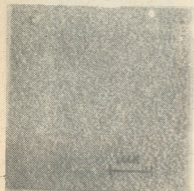
Термическая обработка при температурах 700 и 750°C не приводит к изменению структуры (рис. 1, б). На неизменность структуры указывает и зависимость ряда свойств от термических режимов обработки (рис. 2). Зависимости удельного веса и микротвердости от термической обработки получены по режимам, где переменной температурой является первая стадия термообработки (500, 550 и т. д. до 750°C). Вторичная термообработка произ-



б



в



г

Рис. 1. ...термообработанного при  
 б) 700—750°C; в) 800°C; г) 900—930°C

мам, где переменной температурой  
 ботки (500, 550 и т. д. до 750°C).

водилась при температуре максимального выделения кристаллической фазы (900—930°C).

Термическая обработка стекла при 800—830°C приводит к выделению основной фазы, опознанной нами как пироксен. Структура материала изменяется (рис. 1, в). Изменение структуры фиксируется и изменением хода зависимости химическая стойкость—термообработка (рис. 2). Подобное изменение показывают и зависимости удельного веса и микротвердости от термических режимов (переменная температура термообработки—вторичная).

При температуре 900—930°C материал состоит из кристаллических зерен размером порядка 0,1—0,3 мк (рис. 1, г). Этой температуре отвечают максимальные значения микротвердости и удельного веса; при этой температуре на термодиаграмме обозначен максимум экзотермического эффекта. Отклонение от данного соответствия химической стойкости является следствием своеобразного влияния матрицы на степень выщелачиваемости.

Следует отметить, что состав кристаллизующейся фазы при различных температурах термообработки изменяется в пределах пироксена сложного состава. Выделение плагиоклаза ни рентгенофазовым анализом, ни инфракрасной спектроскопией<sup>(1)</sup> обнаружить не удалось.

Для выяснения столь своеобразного влияния малых добавок  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  нами был заснят электронномикроскопический снимок исходного стекла (рис. 3).

Стекло проявляет структуру явно микрогетерогенную. Границы между каплевидными участками выражены слабо. Отдельные участки достигают размеров 0,08 мк.

Сравнение данного снимка со снимком гранитного стекла с хромом показывает, что введение  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  содействует равномерному и равноразмерному распределению микроучастков.

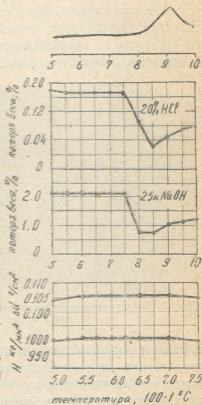


Рис. 2. Термограмма и зависимость химической стойкости, удельного веса и микротвердости от температуры термообработки стекол с окисью хрома

(1) Спектроскопическое исследование проводилось совместно с М. Л. Зориной.

Окись хрома, по данным ряда авторов [4], плохо растворяется в кислых силикатных расплавах. При введении ее выше оптимального количества в стеклах обнаруживаются визуально заметные кристаллики  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Подобное явление наблюдалось и нами. Введение окиси хрома свыше 1,5% придавало стеклу вид „хромового авантюрина“. На этом основании было предположено, что частицы  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  не полностью провариваются в расплаве.

Стекло, проявляющее без  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  неоднородность, состоит, вероятно, из структурных групп, обладающих свойствами будущих кристаллов [5—8]. Судя по кристаллизации исходного стекла, таковыми являются пироксен и плагиоклаз. Причиной поверхностной кристаллизации этого

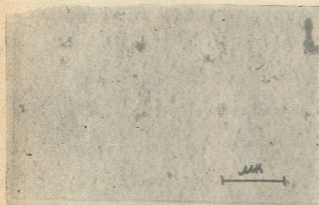


Рис. 3. Электронномикроскопический снимок стекла без окиси хрома

стекла является, по-видимому, расчлененность однотипных областей, что затрудняет диффузионные процессы объединения для создания кристаллических зародышей в объеме.

Введение  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  приводит, вероятнее всего, к перегруппировке стекол различного состава. Нерастворившиеся частицы  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  оказываются

окруженными пироксеновым стеклом. И тогда температура и время кристаллизации пироксена будут зависеть от кристаллохимического подобия кристаллической фазы и подложки, в нашем случае  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Расчет кристаллохимического подобия пироксена и окиси хрома затруднен. Однако, исходя из того что осаждаемая фаза и подложка (пироксен и окись хрома) относятся к различным классам симметрии, образование эпитаксиального сrostка будет затруднено. Это, по-видимому, и является причиной заторможенности начала кристаллизации. Вполне вероятно, что пироксеновое стекло не кристаллизуется на частичках окиси хрома, и объемная кристаллизация является причиной флуктуационного объединения однотипных областей.

Отсутствие плагиоклазов в закристаллизованных стеклах является следствием широкой области возможных изоморфных замещений в пироксене.



Вышесказанное предположение о влиянии малых добавок окиси хрома на кристаллизацию стекол изучаемой области подтверждается и тем обстоятельством, что более основные стекла (стекла, расположенные в диоксидовой области на диаграмме  $\text{Ab—An—Di}$ ) не кристаллизуются объемно при введении  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  меньше 4—5 вес. %. Для возбуждения объемной кристаллизации требуется введение большего количества окиси хрома с целью использования характерных областей несмешиваемости в системе силикатное стекло— $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

### Выводы

Стекла исследуемой области без добавок окиси хрома кристаллизуются с поверхности. Введение  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  приводит к кристаллизации по всему объему.

Инициаторами объемной кристаллизации являются нерастворившиеся в расплаве частицы окиси хрома.

Ленинградский  
технологический институт  
им. Ленсовета

(Поступило в редакцию 12.7.1966)

ქიმიური ტექნოლოგია

ა. სარუხანიშვილი, ე. მილიშკოვი

### $\text{Cr}_2\text{O}_3$ მცირე დანამატების გავლენა მრავალკომპონენტური მინის კრისტალიზაციაზე

რეზიუმე

მინები, მიღებული გრანიტისა და დოლომიტის შერწყმით, კრისტალიზაციას ზედაპირიდან.

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  შეყვანა იწვევს მინის მოცულობით კრისტალიზაციას თერმული დამუშავებისას.

გამოთქმულია აზრი, რომ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ასეთი მოქმედება მრავალკომპონენტური მინის კრისტალიზაციაზე აიხსნება  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  კრისტალურ ნაწილაკთა არსებობით თვით მინაში.

### დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. P. Hayami, T. Ogura, H. Tanaka. Studies on Fine Grained Crystalline Glass-Ceramics. Crystallization of some Glasses Containing  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Bull. Gouf. Industr Res. Inst., Osaka, 12, № 2, 1961.
2. Л. А. Жунина и др. Синтез стекол и силикатных материалов. Изд. БПИ, Минск, 1963, 55.

3. Н. В. Белов. Особенности застывания алюмосиликатных расплавов. Труды IV совещания по экспериментальной минералогии и петрографии, изд. АН СССР, вып. 9, 1953, 133.
4. В. В. Варгин. Производство цветного стекла. Гизлегпром, 1940.
5. А. И. Августиник. К вопросу образования кристаллической фазы из силикатного расплава. В сб.: „Стеклообразное состояние“, труды III Всесоюзного совещания, изд. АН СССР, 1960, 115.
6. О. К. Ботвинкин. О строении стекла. В сб.: „Строение стекла“, труды II Всесоюзного совещания, изд. АН СССР, 1955, 26.
7. К. С. Евстропьев. Кристаллитная теория строения стекла. В сб.: „Строение стекла“, труды II Всесоюзного совещания, изд. АН СССР, 1955, 9.
8. Е. А. Порай-Кошиц и др. Диаграммы стеклообразных систем, гл. I. Изд. БПИ Минск, 1959.

Н. И. ЛАГИДЗЕ, Л. Н. ДЖАПАРИДЗЕ, Д.ж. И. ДЖАПАРИДЗЕ

## ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ ИСТОЧНИКА ТОКА МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено академиком Р. Р. Агладзе 30.7.1966)

В работах [1—3] было установлено положительное влияние ионообменных смол на электротехнические показатели марганцево-цинкового элемента. При введении ионообменных смол в состав агломерата и электролита улучшаются работоспособность элементов, свойство восстановления емкости и особенно их сохранность. Эти данные получены снятием электротехнических характеристик и мало говорят о механизме действия ионообменных смол.

Естественно, что ионообменные смолы оказывают влияние на состав электролита. Многочисленными исследованиями установлен наиболее рентабельный состав электролита, применяемого в элементах марганцево-цинковой системы: 138 г/л  $ZnCl_2$ ; 230 г/л  $NH_4Cl$ ; 680 г/л воды („рабочий электролит“).

В процессе работы элемента происходит защелачивание раствора. Таким образом, кроме свободного иона, цинк в применяемых хлоридных растворах может существовать в составе различных катионных и анионных комплексов с лигандами  $Cl^-$ ,  $OH^-$  и  $NH_3$  [4, 5].

Аналитическая концентрация  $Zn^{++}$  равняется сумме концентраций всех видов комплексов [4].

Если в раствор ввести ионит, то содержание в ионите отдельных цинксодержащих компонентов в зависимости от степени комплексообразования будет разное [4]. Измеряя соотношения между концентрациями отдельных видов комплексов в растворе в присутствии и отсутствии смол, можно получить картину распределения отдельных компонентов в ионите.

Из вышеизложенного следует, что изучение влияния ионообменных смол на состав электролита заключается в установлении вызванных ими концентрационных изменений между отдельными видами комплексов в объеме раствора. Нам интересуют особенно те комплексы, образование которых является наиболее вероятным при работе гальванического элемента. Поэтому исследования следует проводить в растворе с изменением концентрации донора комплексообразователя  $NH_4OH$ .

В работе предпринимается попытка полярографического исследования влияния некоторых ионообменных смол на процесс комплексообразования в электролите источника тока марганцево-цинковой системы, что, со своей стороны, дает возможность, кроме изменения рН раствора, проследить и за количеством связанного  $OH^-$ .



Одним из наиболее современных и точных методов исследования комплексообразования является полярографический метод [5], с помощью которого можно точно установить как константу нестойкости  $K_c$ , так и координационное число  $P$ , т. е. число частиц комплексообразователя, входящих в состав комплекса.

В литературе имеются работы по применению полярографического метода для изучения процесса комплексообразования цинка с разными лигандами [5—8].

### Методика исследования

Исследования проводились на электронном полярографе ПЭ-312, на котором снимались обычные интегральные полярограммы. Полярограммы некоторых растворов и кривые  $J-t$  для всех растворов снимались на чешском полярографе ЛП-60. Точные значения потенциалов контролировались потенциометрическим способом.

Конструкция ячейки позволяла поддерживать температуру ( $20^\circ\text{C}$ ) с точностью до  $0,1^\circ\text{C}$ . Анаодом служил выносной насыщенный каломельный электрод. Катод — ртутно-капельный электрод с принудительным отрывом капель. Характеристика капельного электрода  $m=0,89$  мг/сек;  $\tau=0,29$  сек при  $h=75$  см. рН измеряли с помощью стеклянного электрода рН-метром марки ЛП-58.

### Состав растворов

При полярографических исследованиях верхний предел концентрации не позволяет вести измерения непосредственно в рабочем электролите гальванического элемента, поэтому эксперименты проводились в электролитах, разбавленных в 30 раз. Разбавление производили в одном случае водой (в процессе работы элементов происходит истощение электролита по  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и тем самым изменение соотношения между  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ). Полученный электролит состава 4,6 г/л  $\text{ZnCl}_2$ , 7,6 г/л  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и вода обозначен электролитом № 1.

Разбавление водой при изменении рН раствора вызывает изменение состава комплексов и сдвиг равновесия между ними. Поэтому исследования проводили также в растворах, полученных разбавлением рабочего раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (электролит № 2), которое вызывает изменение комплексов и сдвиг равновесия в противоположную сторону. Состав электролита № 2: 4,6 г/л  $\text{ZnCl}_2$ , 230 г/л  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и вода.

Порядок ведения эксперимента следующий:

1. Берется электролит № 1 и снимаются обычные полярограммы и кривые  $I-t$  для цикла растворов, полученных искусственным введением все увеличивающегося количества щелочи  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

2. Берется тот же электролит № 1, 10 мл которого в течение 24 часов находились в контакте с 2 г ионообменной смолы (это соотношение ориентировочно было установлено в работе [3]), и аналогично снимаются кривые  $J-E$  и  $J-t$  в присутствии нонитов для цикла растворов, полученных введением такого же количества  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Введение разного количества  $\text{NH}_4\text{OH}$  в данном случае производится как в течение одного опыта, так и за 24 часа до проведения опыта. Такие кривые снимались при содержании в электролите № 1 катионита КВ-4П2.

Такому же порядку ведения эксперимента придерживались и при проведении исследований в электролите № 2.

## Обсуждение результатов

Полагаем, что постоянная аналитическая концентрация металла в растворе дает постоянную суммарную высоту катодных волн при разных концентрациях комплексообразователя. Это условие подтверждается на опыте, если не имеет места заметное изменение коэффициента диффузии вследствие изменения вязкости раствора.

Из полученных данных следует, что в электролите № 1 цинк в основном существует в виде диссоциированных свободных ионов. Введение незначительного количества  $\text{NH}_4\text{OH}$  в раствор вызывает частичный переход свободных ионов цинка в комплекс (появление второй волны рис. 1) и понижение общей концентрации цинка в связи с гидратообразованием.

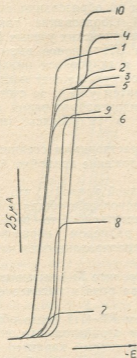


Рис. 1. Полярграммы растворов электролита № 1 в отсутствии нонита при содержании  $x$  мМ  $\text{MnCl}_2$ : 1— $x=0$ ; 2— $x=0,0025$ ; 3— $x=0,005$ ; 4— $x=0,014$ ; 5— $x=0,026$ ; 6— $x=0,038$ ; 7— $x=0,075$ ; 8— $x=0,119$ ; 9— $x=0,148$ ; 10— $x=0,226$

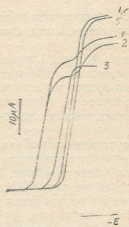


Рис. 2. Полярграммы электролита № 1 в присутствии КБ-4П2 при содержании  $x$  мМ  $\text{NH}_4\text{OH}$ : 1— $x=0$ ; 2— $x=0,006$ ; 3— $x=0,044$ ; 4— $x=0,07$ ; 5— $x=0,1$

Значения потенциалов полуволн ( $E_{1/2}$ ) образовавшегося комплекса близки к значениям потенциалов полуволн гидроокисных комплексов, данных в работе [6]. В цитированной литературе проведена формула для расчета  $E_{1/2}$  в зависимости от концентрации  $\text{OH}^-$  ионов:





$$E_{1/2} = E' - 0,09 \lg C_{\text{ОН}^- \text{ОН}^-}, \quad (1)$$

где  $E' = -1,46$  (н. к. э.) при  $20^\circ\text{C}$ .

Подставляя данные нашего эксперимента в уравнение (1), получаем расчетную величину для кривых 2, 3, и 4 (рис. 1):

$$E_{1/2} = -1,46 - 0,09 \lg 0,0025 = -1,46 + 0,144;$$

$$E_{1/2} = -1,316 \text{ мВ}, \quad E_{1/2} = -1,343 \text{ мВ}, \quad E_{1/2} = -1,382 \text{ мВ}$$

соответственно для кривых 2, 3 и 4; вместо экспериментально найденных

$$E_{1/2} = -1,320 \text{ мВ}, \quad E_{1/2} = -1,336 \text{ мВ}, \quad E_{1/2} = -1,368 \text{ мВ}$$

соответственно для кривых 2, 3 и 4.

Такое удовлетворительное согласие расчетных и экспериментальных данных позволяет нам сделать вывод об образовании гидроокисных комплексов цинка в электролите № 1. Образование таких комплексов подробно разобрано в работах американских ученых [7].

Дальнейшее увеличение концентрации  $\text{ОН}^-$ -ионов вызывает образование нерастворимых основных солей и гидроокиси цинка. Образование гидроокиси происходит в первую очередь за счет комплексных ионов цинка (ср. кривые 4 и 5 рис. 1), а затем уже и за счет свободных (аква) ионов цинка. рН начала гидратообразования около 6. При  $\text{pH} = 7,4$  почти весь цинк переходит в гидроокись (кривая 7, рис. 1).

Затем начинается образование новых растворимых соединений, по-видимому, аммиакатов цинка. Это предположение подробно будет разобрано ниже.

Кривая 10 рис. 1 проходит выше исходной кривой 1, что указывает на изменение коэффициента диффузии ионов, ибо общая концентрация ионов цинка в растворе не могла увеличиться. Это явление, по всей вероятности, обусловлено меньшим размером образовавшихся комплексных частиц, по сравнению с гидратированными частицами цинка.

Присутствие катионита КБ-4П2 в электролите № 1 вызывает уменьшение концентрации цинка более чем в два раза и появление нового комплекса (кривая 1, рис. 2).

Поглощение катионов цинка катионитом КБ-4П2 легко объяснить. Появление же волны комплексов с довольно отрицательным значением потенциала полуволны, указывающим на анионный характер данного комплекса, по-видимому, вызвано изменением соотношений между ионами цинка и комплексообразователем в растворе в результате поглощения ионов цинка и  $\text{NH}_4$  катионитом КБ-4П2. Добавление  $\text{NH}_4\text{OH}$  вызывает рост концентрации комплексов за счет свободных ионов цинка. Количество перешедших свободных ионов цинка в комплексные в присутствии ионитов гораздо меньше, чем в растворах, не содержащих ионит. Эта разница делается более внушительной, если учитывать повышение обменной емкости КБ-4П2 с ростом рН. Дальнейшее увеличение количества  $\text{NH}_4\text{OH}$  разрушает эти комплексы, и при соответствующем рН начинается образование аммиакатов.

Следует отметить, что для электролита № 1 делать какие-либо количественные выводы для всех значений рН затруднительно вследствие образования нерастворимой гидроокиси цинка.

Электролит № 2 содержит индифферентный электролит в гораздо большем количестве, чем электролит № 1, что дает возможность делать количественные выводы из экспериментальных данных, полученных в данном электролите.

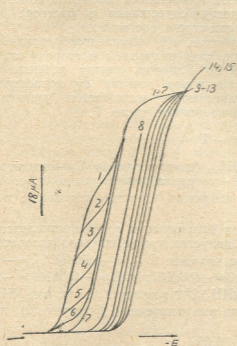


Рис. 3. Полярмограммы растворов электролита № 2 в отсутствии ионитов при содержании  $x$  мМ  $\text{NH}_3$ : 1- $x=0$ ; 2- $x=0,007$ ; 3- $x=0,021$ ; 4- $x=0,0056$ ; 5- $x=0,092$ ; 6- $x=0,125$ ; 7- $x=0,193$ ; 8- $x=0,326$ ; 9- $x=0,460$ ; 10- $x=0,77$ ; 11- $x=1,068$ ; 12- $x=1,62$

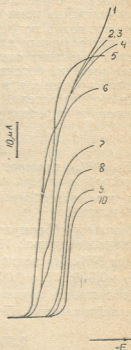


Рис. 4. Полярмограммы электролита № 2 в присутствии KB-4P2 при содержании  $x$  мМ  $\text{NH}_3$ : 1- $x=0$ ; 2- $x=0,007$ ; 3- $x=0,021$ ; 4- $x=0,056$ ; 5- $x=0,125$ ; 6- $x=0,252$ ; 7- $x=0,35$ ; 8- $x=0,63$

В электролите № 2, не содержащем ионит и комплексообразователь ( $\text{NH}_3$ ), имеется две волны. Вторая волна скорее всего обусловлена хлоридными комплексами цинка, ибо, в отличие от электролита № 1, из частиц комплексообразователей этот электролит содержит в большем количестве лишь ионы  $\text{Cl}^-$  (при одном и том же значении pH).

С добавлением и последующим увеличением количества  $\text{NH}_4\text{OH}$  в растворе происходит постепенный переход свободных ионов цинка в комплексные, которые по своему составу могут являться оксихлоридными комплексами цинка, о чем говорит и сдвиг  $E_{1/2}$  второй волны в положительную сторону. Этот переход строго количественный. При  $\text{pH} \geq 7$  начинается образование новых комплексов, потенциал полуволны которых с ростом pH сдвигается неравномерно, но все более в отрицательную сторону.

Этот сдвиг является особенно резким между кривыми 7 и 8 рис. 3. Разница в рН для соответствующих растворов незначительна, хотя  $\text{NH}_4\text{OH}$  добавлена не в малом количестве. Это указывает на расход  $\text{NH}_4\text{OH}$  на комплексообразование.

Кривые 1—6 рис. 3 показывают превращение свободных ионов цинка в комплексные ионы с увеличением содержания в растворе  $\text{NH}_3$ . Суммарная волна во всех случаях строго постоянна.

Из литературных данных известно, что комплексообразование в растворах вызывает сдвиг потенциалов полуволны в сторону отрицательных значений потенциалов [6, 8]. Разность между потенциалами полуволны свободных и комплексных ионов зависит от концентрации комплексообразователя. Эта зависимость выражается уравнением, позволяющим определить координационное число  $P$ .

$$\frac{\Delta E_{1/2}}{\Delta \lg E_x} = -P \frac{0,059}{2}, \quad (2)$$

где  $\Delta E_{1/2} = E'_{1/2}$  (диссоц. иона) —  $E''_{1/2}$  (комплекс иона);  $C_x$  — концентрация комплексообразователя, мол/л,  $P$  — координационное число, т. е. число частиц комплексообразователя, входящих в состав комплекса;  $n$  — валентность иона.

Используем формулу (2) для установления состава комплекса соответствующей кривой 11 рис. 4, допустив, что комплексообразователем является  $\text{NH}_3$ . Из полярограммы находим  $E'_{1/2} = -1,064$ ;  $E''_{1/2} = -1,37$ ;  $\Delta E_{1/2} = -0,306$ ;  $\Delta C_x = 0,00107 - 0,0 = -0,00107$ ;  $\lg \Delta C_x = -0,00107 = -2,97$ ;  $n = 2$  (валентность комплекса  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_x]^{++}$  равняется 2, так как  $\text{NH}_3$  является нейтральным). Подставляя эти значения в формулу (2), получаем

$$-\frac{0,306}{2,97} = -P \frac{0,059}{2}, \quad P = 3,6.$$

В работе [8] получено координационное число 3, 7, что хорошо согласуется с нашими данными. Таким образом, кривая 11 соответствует аммиаку цинка состава  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{++}$ .

Рассчитывая подобным образом  $P$  для кривой 8 рис. 4, находим  $P = 2,2$ .

Следовательно, при низких концентрациях  $\text{NH}_3$  в растворе преобладают комплексы состава  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{++}$ , которые в данном электролите, даже при рН=7 растворимы. В электролите № 2 образование каких-либо нерастворимых соединений вообще не наблюдается.

Объемная концентрация цинка лишь при рН=10 кажется завышенной. Это и здесь следует объяснить изменением вязкости раствора.

Присутствие катионита КБ-4П2 в электролите № 2 вызывает уменьшение концентрации лишь комплексных ионов цинка (рис. 4). Обмен с ионами цинка из электролита № 2 гораздо меньше, чем из электролита № 1, что связано с конкуренцией при ионном обмене между ионами  $\text{Zn}^{++}$  и  $\text{NH}_4^+$ . Эта конкуренция протекает при разных рН растворов с переходящим преимуществом.

В случае увеличения содержания  $\text{NH}_4\text{OH}$  в растворе в присутствии КБ-4П2 концентрация свободных ионов цинка остается постоянной, а

количество комплексов снижается. Для объяснения такого неожиданного явления исследовали взаимопревращение разных видов ионов цинка во времени, вызванное добавлением разного количества  $\text{NH}_4\text{OH}$  при постоянном значении потенциалов для растворов с ионитом и без ионита. Изменение силы тока первой волны во времени при постоянном значении потенциала для растворов, содержащих и не содержащих ионит КБ-4П2, представлено на рис. 5. Каждая ступень понижения силы тока на кривой 1 вызвана введением в электролит № 2 все увеличивающегося количества  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Когда содержание  $\text{NH}_4\text{OH}$  достигает 0,19 ммоль/л, первая волна исчезает. Кривая 2 показывает обратное повышение высоты волны первой волны вслед за ее снижением после добавления  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Этот процесс, вызванный присутствием КБ-4П2, с ростом pH наблюдается все в меньшей мере. Для полного исчезновения первой волны в присутствии КБ-4П2 уже требуется количество  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,42 ммоль/л. Следовательно, увеличение количества  $\text{NH}_4\text{OH}$  вызывает переход свободных ионов цинка в комплекс, а во времени происходит обратное возрастание концентрации свободных ионов в растворе ввиду действия катионита КБ-4П2.

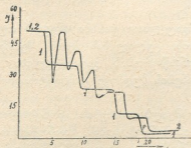


Рис. 5. 1— $J-t$ —кривая для электролита № 2 в отсутствие ионита; 2— $J-t$ —кривая—в присутствии ионита

Сдвиг этого равновесия вызван снижением pH вследствие ионного обмена. Это предположение подтверждается и титрационными кривыми, показавшими, что для повышения pH раствора на единицу в присутствии КБ-4П2, во-первых, требуется гораздо большее количество  $\text{NH}_4\text{OH}$  и, во-вторых, высокое значение pH раствора, наблюдаемое после введения свежей порции  $\text{NH}_4\text{OH}$ , во времени также снижается.

После определенного значения pH и в присутствии КБ-4П2 происходит переход свободных ионов в аммиакаты цинка. Но для этого требуется  $\text{NH}_4\text{OH}$  в гораздо большем количестве.

#### Выводы

1. Исследовано поведение ионообменных смол КБ-4П2 в электролите цинк-марганцевого гальванического элемента.
2. Установлено количественное изменение соотношения между разными видами комплексов цинка с изменением pH электролита.
3. Ионообменные смолы, разно сорбируя разные комплексы цинка, сдвигают между ними равновесие; вследствие этого поддерживается постоянство концентрации свободных ионов цинка и pH раствора.
4. При подщелачивании электролита выделение газообразного аммиака в присутствии ионитов заметно уменьшается (несмотря на увеличение скорости разложения щелочи), вследствие поглощения ионитами аммиакатных комплексов цинка.



5. Катионит КБ-4ПЭ поддерживает постоянное значение рН раствора не только за счет ионов  $H^+$ , участвующих в ионном обмене, но и за счет сорбции аммиаков цинка, связывающих продукт равновесия  $NH_4OH \rightleftharpoons NH_3 + H_2O$ . Связывание аммиака, с другой стороны, может ослабить выделение газообразного аммиака и тем самым хотя бы частично замедлить порчу элементов.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт прикладной химии и  
электрохимии

(Поступило в редакцию 30.7.1966)

ელექტროქიმიის

ნ. ლაღიძე, ლ. ჯაპარიძე, ჯ. ჯაპარიძე

თუთია-მანგანუმის სისტემის ელემენტის ელექტროლიტზე უზრუნველყოფის  
იონგაცვლითი ფისის მოქმედების შესწავლა პოლაროგრაფიული  
მეთოდით

რეზიუმე

შესწავლილია იონგაცვლითი ფისების КБ-4ПЭ მოქმედება თუთია-მანგანუმის სისტემის ელემენტის ელექტროლიტზე.

ზემოაღნიშნულ ელექტროლიტში იონგაცვლითი ფისები იწვევენ თუთიის სხვადასხვა კომპლექსების კონცენტრაციების ცვლილებას მათი შერჩევითი სორბციის გამო. კომპლექსებს შორის წონასწორობის გადანაცვლება ხელს უწყობს ხსნარში თუთიის თავისუფალი იონების მუდმივი კონცენტრაციის შენარჩუნებას.

КБ-4ПЭ-ის იონცვლით გამოწვეული წყალბადიონების კონცენტრაციის ზრდა ხელს უწყობს ხსნარის მუდმივი рН-ის შენარჩუნებას. შთანთქავს რა იგი თუთიის ამიაკატებს, აჩქარებს ელემენტის მუშაობის პროცესში წარმოქმნილი  $NH_4OH$ -ის დაშლას, რითაც კიდევ უფრო ეშუაება ხელი ხსნარის გატუტიანებას და აირადი ამიაკის გამოყოფას. ეს უკანასკნელი ახანგრძლივებს ელემენტის მუშაობას.

#### დაძველებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Питчер, Н. Шенектеди. Механизм сухого элемента. Патент США № 2607809, 11, 1. 1949.
2. К. Морхаус, Н. Принкетон. Сухие элементы. Патент США № 2771381, 1956.
3. Л. Н. Джапаридзе, Н. И. Лагидзе. О влиянии некоторых ионообменных соединений на работу элемента цинк-марганцевой системы. Тезисы докладов семинара по электрохимии марганца и родственных металлов. Тбилиси, 1964.
4. Ф. Гельферих. Иониты, М., 1962, 199.
5. Г. Л. Шлефер. Комплексообразование в растворах. Изд. «Химия», 1964, 208, 249.
6. И. А. Коршунов, Е. Ф. Хрулькова. Полярографическое исследование комплексов цинка с гидроксидом. ЖОХ, т. 19, 1949, 2045.
7. D. D. Deford, D. H. Jhume. Determination of Consecutive formation constant of complex ions from polarographic date. J. of the am. Chem. Soc., 73, 1951, 5321.
8. А. Стромберг. Определение состава разряжающихся аммиачных и оксалатных комплексов цинка по разнице анодного и катодного потенциалов полуволи на цинковом амальгамном капельном электроде. ЖФХ, т. XXXI, вып. 8, 1957, 1704.



Н. В. ДЖИБЛАДЗЕ

**К ЦИТОХИМИЧЕСКИМ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИМ  
 ОСОБЕННОСТЯМ ЛЕЙКОЗНОЙ КЛЕТКИ**

(СПОНТАННЫЙ ЛЕЙКОЗ МЫШЕР ЛИНИИ АКР)<sup>(1)</sup>

(Представлено академиком Н. В. Менабде 24.5.1966)

Выявлению обменных особенностей лейкозной клетки уделяется в последнее время большое внимание. Однако изучение этого вопроса значительно отстает от изучения опухолевой клетки.

С 1961 г. нами изучаются особенности обмена лейкозной клетки путем цитохимического исследования мазков крови и костного мозга. Основное внимание направлено на нуклеиновые кислоты, которые, как известно, занимают центральное место в жизнедеятельности клетки, а также на хромосомный аппарат клетки.

Исследования ведутся на мышах линии АКР, которые, наряду с высоким процентом спонтанного лейкоза, дают 100% заболеваемость лейкозом при перевивке им в 1,5—2-месячном возрасте гомологичного лейкозного материала. ДНК исследуется по Фельгену, РНК—по Андрусу, хромосомы—по Форду.

Чтобы познать и правильно оценить патологические превращения, в начале работы мы изучили содержание и распределение исследуемых веществ в клетках крови и костного мозга здоровых мышей той же линии.

Полученные результаты выявили определенную закономерность в распределении, содержании и архитектонике ДНК, РНК и хромосомного набора клеток.

РНК распределяется диффузно, редко — зернисто, в основном в цитоплазме и ядрышках. В наибольшем количестве она содержится в родоначальных клетках гемопоэза: в гемоцитобластах, миелобластах, лимфобластах, эритробластах. При этом в гемоцитобластах РНК несколько меньше, чем в миелобластах и лимфобластах, а в проэритробластах ее особенно много. По мере созревания клеток содержание ее постепенно убывает, и в зрелых гранулоцитах, эритроцитах и тромбоцитах она почти полностью исчезает. Исключение составляют плазмодиты, которые, являясь зрелыми клетками, содержат, тем не менее, РНК в очень большом количестве. Данное явление, вероятно, связано с функциональными особенностями этих клеток, с их участием в белковом обмене.

<sup>(1)</sup> Работа доложена Симпозиуму по цито- и гистохимии опухолей в мае 1964 г. в Тбилиси.

ДНК выявляется в ядрах клеток крови, а также в тромбоцитах, указывая, таким образом, на содержание в последних ядерного вещества. В процессе созревания клеток крови количество ДНК, по-видимому, не претерпевает значительных изменений. Резко меняется только ее архитектоника — нежная, состоящая из тончайших нитей сетка ДНК постепенно грубеет в результате конденсации вещества и создает глыбчатую структуру почти во всех зрелых клетках, давая поэтому более интенсивную окраску в последних, создающую ложное представление о повышении количества ДНК. Внутри ядра ДНК в большом количестве откладывается вокруг ядрышек, а также в так называемых сателлитах ядер зрелых нейтрофилов, которые представляют собой, как известно, половой хроматин. Отмечается увеличение интенсивности окраски на ДНК в мета- и особенно в анафазе митоза.

Хромосомы мышей морфологически мало дифференцированы — они однообразны по форме и отличаются главным образом размерами. Центральная часть расположена в конце хромосом, которые, таким образом, являются акроцентриками и имеют V-образную или палочкообразную форму на метафазных пластинках. Подавляющее большинство костномозговых клеток содержит диплоидный набор в 40 хромосом.

На мазках крови и костного мозга больных спонтанным лейкозом мышей отмечаются увеличение цитоплазматической РНК и некоторое изменение ее строения: диффузное окрашивание, характерное для нормы, в большинстве клеток сменяется зернистым. В эритроидном ростке костного мозга, который при лейкозе у мышей количественно страдает, отмечается также нарастание РНК с нарушением гемоглобинизации клеток. В результате в большинстве эритроцитов обнаруживается РНК от следов до очень больших количеств. В части эритроцитов РНК распадается на отдельные зерна. Это особенно наглядно в клетках, которые совершенно не содержат притом гемоглобина. В мазках встречаются и подобные нормобласты. Обычно в последних нарушен и процесс конденсации ядерного ДНК. В нормальных условиях в нормобластах он наиболее выражен.

В большинстве лейкозных клеток увеличены размеры ядрышек, отмечается высокая концентрация в них РНК. В небольшой части клеток, особенно мелкой генерации, наблюдается повышение окраски вокруг ядрышковой ДНК. Количество РНК увеличено не только в родоначальных клетках гемопоэза, но и в зрелых — гранулоцитах, эритроцитах и тромбоцитах, в которых она обычно не содержится.

В костномозговых клетках явно нарушен процесс конденсации ДНК. Поэтому при просмотре мазков, окрашенных по Фельгену, бросается в глаза однообразие рисунка, судя по интенсивности окраски: почти все ядра окрашены одинаково — слабо интенсивно. Малая интенсивность окраски вряд ли является показателем снижения количества ДНК, так как размеры соответствующих ядер явно увеличены. И действительно, анализ хромосомного набора, хотя и показал широкий диапазон отклонений числа хромосом от наблюдаемой в норме моды (40), но в подавляющем большинстве клеток их число соответствует нормальному диплоидному или выше него. Примерно до 7--10% клеток с увеличенным

числом хромосом и полиплоидные; до 5% с набором хромосом меньше моды.

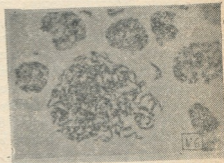
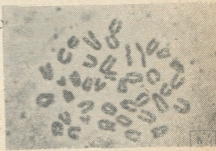
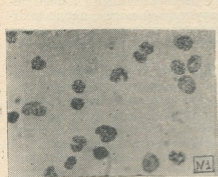


Рис. 1. Клетки костного мозга здоровой мыши АКР. Окраска на ДНК по Фельгену (микрофото, об. 90, ок. 7).

Рис. 2. Клетки костного мозга при спонтанном лейкозе мыши АКР. Окраска на ДНК по Фельгену.

Рис. 3. То же. Хорошо видны увеличенные нуклеолы.

Рис. 4. Нормальный набор хромосом клеток здоровой мыши АКР. Окраска ацет-орсеином.

Рис. 5. Тетраплоидная клетка. Спонтанный лейкоз мыши АКР. Окраска ацет-орсеином.

Рис. 6. Полиплоидная клетка. Спонтанный лейкоз мыши АКР. Окраска ацет-орсеином.



Во многих молодых клетках стерт характерный рисунок нежной сетки ДНК. Она грубеет и содержит также отдельные зерна и глыбки ДНК.

В мазках всегда выявляются клетки с дегенеративными изменениями: в них ДНК представлена в виде бесструктурной массы, наблюдаются вакуолизация ядер и протоплазмы, явления карнорексиса и карнолиза. Но число таких клеток в общей массе не составляет значительного процента.

Отмеченные в лейкозных клетках изменения содержания и архитектуры нуклеиновых кислот: угнетение и порой полное отсутствие конденсации ДНК (процесс, необходимый для полноценного созревания клеток крови), огрубение ее нормального рисунка, увеличение содержания РНК, полное или частичное непотребление ее в процессе созревания и нарушение ее распределения (конгломерации в отдельные зерна) — свидетельствуют о нарушении, в силу, по-видимому, определенных ферментативных изменений, процессов созревания клеток, которые, возможно, представляют одно из первых звеньев в патогенезе лейкоза. Эти явления как-то переплетаются с нарушениями хромосомного набора клеток при лейкозе. Какова взаимосвязь указанных явлений, пока трудно сказать. Однако постоянное наличие ненормальной, так называемой филадельфийской, хромосомы при хроническом миелолейкозе людей [1—6] и такое же постоянное отсутствие в клетках этих же больных щелочной фосфатазы [7—12], на что указывают данные различных ученых, явно говорят о взаимообусловленности этих явлений.

Литературный материал, как и наши данные, диктует необходимость всестороннего изучения этих явлений, в частности детального сопоставления цитогенетических данных с цитохимическими, гематологическими, а также с клиническими на соответствующем материале. В этом аспекте особенно интересно исследование динамики становления лейкозного процесса, закономерностей смены фазы болезни, ремиссий и обострений, а также прелейкозных состояний.

Принимая во внимание выявляемую методом цитохимического анализа заторможенность процессов клеточного созревания при лейкозе, целесообразно поставить вопрос о надобности наряду с поисками цитостатиков, которые так успешно ведутся, и поисков веществ, способствующих клеточному созреванию. Ведь стероидные гормоны, позволившие получить длительные ремиссии в клинике лейкоза, действие которых на лейкозный процесс в этом отношении превосходит действие всех известных цитостатиков, согласно исследованиям ряда ученых, оказывая полезное влияние на организм, положительно действуют и на процессы созревания клеток, в частности клеток костного мозга [13, 14].

Институт экспериментальной и клинической  
хирургии

(Поступило в редакцию 24.5.1966)

ნ. ჯიგლაძე

ლეიკოზური უჯრედის ციტოქიმიური და ციტოგენეტიკური  
თავისებურებანი

(AKP-ის ხაზის თავგების სპონტანური ლეიკოზი)

რეზიუმე

სტატიაში შესწავლილია დეზოქსირიბონუკლეინის მეავას (დნმ), რიბონუკლეინის მეავას (რნმ) და ქრომოსების განაწილება ჯანსაღი და სპონტანური ლეიკოზით დაავადებული AKP-ის ხაზის თავგების სისხლისა და ძვლის ტვინის უჯრედებში. ჩატარებულმა დაკვირვებამ გამოავლინა, რომ სპონტანური ლეიკოზის დროს ადგილი აქვს დნმ-ის კონდენსაციის დათრგუნვას (ეს პროცესი აუცილებელია სისხლის უჯრედების ნორმალური მომწიფებისათვის), მისი ნორმალური შენების გაუხეშებას, რნმ-ის რაოდენობის მომატებას, მის სრულ ან ნაწილობრივ მოუხმარებლობას უჯრედთა მომწიფების პროცესში და უჯრედის ქრომოსომული აპარატის ცვლილებებს: ანეუპლოიდიას, ჰიპო- და ჰიპერდიპლოიდიას, პოლიპლოიდიას და ა. შ.

ეს ცვლილებები, მიუთითებს უჯრედის მომწიფების პროცესების დარღვევაზე, რასაც შესაძლებელია წამყვანი ადგილი ეკუთვნის ლეიკოზის პათოგენეზში. ციტოქიმიური დარღვევები და უჯრედთა ქრომოსომული შემადგენლობის ცვლილებები ურთიერთ განპირობებული უნდა იყოს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. G. Baikie et al. A possible specific chromosome abnormality in human chronic myeloid leukemia. *Nature*, vol. 188, N 4757, 1960, 1165—1166.
2. W. V. Moloney, R. D. Lange. Leukemia in atomic survivors. *Blood*, 9, 1954, 663.
3. P. C. Nowell, D. A. Hungerford. A minute chromosome in human granulocytic leukemia. *Science*, 1960, 132, 1497.
4. P. C. Nowell, D. A. Hungerford. Chromosome studies on normal and leukemic human leukocytes. *J. nat. canc. Inst.*, 25, 1, 1960, 85—93.
5. A. A. Sandberg et al. The *in vivo* chromosome constitution of marrow from 14 human leukemias and 60 nonleukemic controls. *Cancer Res.*, 21, 1961, 678—689.
6. Tough et al. Cytogenetic studies in chronic myeloid leukemia and acute leukemia associated with mongolism. *Lancet*, 1, 1961, 411—417.
7. E. Koch, D. Kemy. Die alkalische Leucocytenphosphatase in der Differential diagnose hämatologische Erkrankungen. *Klin. Wschr.*, 1960, 38, 26.
8. K. Lambers. Die alkalische Phosphatase-aktivität der Blutzellen bei Leukosen und anderen pathologische Zuständern. *Zeit. klin. Med.*, 1958, 155, 176—190.
9. B. J. Leonard et al. Alkaline phosphatase in white cells in leukemia and leukemoid reactions. *Lancet*, 2, 1958, 289.

10. H. Merker, L. Hellmeyer. Die Bedeutung der alkalischen Leukocytenphosphatase bei Reaktionen und Erkrankungen des myeloischen Systems. Schweiz. Med. Wschr., 40, 1959, 1051—1052.
11. W. J. Mitus et al. Alkaline Phosphatase of Matura Neutrophils in Chronic Forms of the Myeloproliferative Syndrome. Am. J. Clin. Pathol., 30, 4, 1958, 285—294.
12. W. C. Moloney. Histochemical studies on Leukocytes. Blut, 7, 2, 1961, 69.
13. В. А. Бейер, Д. Я. Шурьгин. Значение адренокортикотропного гормона, кортизона и его синтетических производных в лечении болезней крови. В кн.: «Применение стероидных гормонов в клинике внутренних болезней», М., 1962, 134—141.
14. Н. А. Куршаков, Н. Н. Рыикова, И. И. Соколова. Применение АКТГ и гормонов коры надпочечников у лиц, подвергавшихся воздействию ионизирующей радиации В кн.: «Применение стероидных гормонов в клинике внутренних болезней», М., 1962, 142—147.

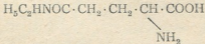


ბიოქიმია

მ. ზოგუჩავა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
ს. ზიორბაძე, მ. პოპოვი

თავისუფალ ამინომჟავათა ცვალებადობის გამოკვლევა ჩაის  
წარმოების პროცესში

ჩვენი წინა გამოკვლევებით [1—6], ამინომჟავები შავი ჩაის წარმოების დროს მონაწილეობას იღებენ არომატისა და ნაყენის წარმოქმნაში. ამასთან დაკავშირებით ჩაის ახალგაზრდა ყლორტების თავისუფალ ამინომჟავათა და მათი გარდაქმნების გამოკვლევა ტექნოლოგიური გადამუშავებისას მნიშვნელოვან ყურადღებას იმსახურებს. ჩაის ყლორტის ამინომჟავებს შორის რაოდენობრივად პირველი ადგილი უკავია თეანინს ( $\gamma$ -ეთილამიდ L-გლუტამინის მჟავა), რომლის ქიმიური ბუნება დადგენილ იქნა საკატოს [7] მიერ:



რობერტსის [8] აზრით, თეანინი შეიძლება მონაწილეობდეს შავი ჩაის ხარისხის შექმნაში. რადგან თეანინის პრეპარატი დეფიციტურია, ხოლო ანალიტურ სამუშაოებში იგი აუცილებელია, ჩვენ გამოკვლევა დაეწყოთ ჩაისაგან თეანინის პრეპარატული გამოყოფით.

თეანინის მისაღებად გამოყენებულ იქნა ჩაის ფიქსაციამნილი ახალგაზრდა ყლორტების ღეროები, რომელიც ამ ნაერთის მაქსიმალურ რაოდენობას შეიცავს [9]. 70 გრამი მშრალი მასალიდან წყლის აბაზანაზე 400 მლ გამოხდილი წყლით ორჯერადი ექსტრაქციით მიღებულ იქნა ექსტრატი, რომელიც შესქელდა მცირე მოცულობამდე ვაკუუმის ქვეშ 30°-ზე და დაეწვეთა ინგლისურ პრეპარატულ ქაღალდ ვატმან 3MM-ზე ფართო ზოლების სახით. გასასუფთავებლად გამოვიყენეთ ოთხჯერადი ქრომატოგრაფირება ნარევეში: II-ბუთილის სპირტი-ძმარმჟავა-წყალი (4:1:1). კატეხინების კვალის მოსაცილებლად შესქელებულ წყლიან ელუატს გაუკეთდა ქრომატოგრაფირება ქაღალდზე 2%-ან ძმარმჟავაში. ახალი წყლიანი ელუატი წინასწარ ვაკუუმის ქვეშ შესქელების შემდეგ გამორალიფილურად და მიღებული მასალისაგან მცირე რაოდენობის წყლის მიმატებით მიღებულ იქნა თეანინის კრისტალები. გამოყოფილი თეანინი თავისი თვისებებით (ლღობის ტემპერატურა,  $R_F$  ნინჰიდრიდთან შეფერვის ინტენსივობა და სპექტროსკოპიული თვისება CF-4-ზე) ძლიერ ახლო აღმოჩნდა პრეპარატთან, რომელიც ჩვენ მცირე რაოდენობით გამოგვიგზავნა საკატომ (მან იგი მიიღო ქიმიური სინთეზით [7]).

თავისუფალ ამინომჟავათა გამოკვლევა ჩვენ დაეწყოთ მათი შემცველობის შესწავლით ჩაის ყლორტში. ტექნოლოგიური ნაწილი ჩატარებულ იქნა ჩაის პრეწველობის სრულიად საკავშირო სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (ანა-

სეული), ხოლო ბიოქიმიური გამოკვლევა — სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის ა. ბახის სახელობის ბიოქიმიის ინსტიტუტში (მოსკოვი).

თავისუფალ ამინომჟავათა საერთო ჯამის განსაზღვრას ვაწარმოებდით ჩვენ მიერ აღრე გამოყენებული მეთოდით [9].



სურ. 1

წინა შრომაში ჩვენ მიერ ნაჩვენებია იყო, რომ მათი შემცველობა ჩაის ულორტში იცვლება ხნოვანებისა და სეზონის მიხედვით [9].

წინამდებარე გამოკვლევაში ჩვენ შევნიშნეთ აზოტოვანი სასუქების ძლიერი გავლენა ჩაის ულორტში თავისუფალ ამინომჟავათა შემცველობაზე.

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, თავისუფალ ამინომჟავათა შემცველობა განუწყვეტილ იზრდება და ლოზაც 1000 კგ ჰექტარზე არ წარმოადგენს ამ ზრდის საზღვარს.

ჩაის ულორტების შავ ჩაიდ გადამუშავებისას თავისუფალ ამინომჟავათა შემცველობის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ისინი განიცდიან ცვლილებებს.

ამ ცდებში ფიქსირებული მასალიდან მივიღეთ წყლიანი ექსტრაქტები, რომელიც რ-სმ-იანი ზოლების სახით გადაგვქონდა ინგლისურ ქრომატოგრაფიულ ქალაღზე (ვატმან 1). გამოვიყენეთ 4-ჯერადი გაშვება გამხსნელში:  $n$ -ბუთილის სპირტი-ძმარმჟავა-წყალი (4:1:1). შესაღარებლად გამოვიყენეთ ქიმიურად სუფთა ამინომჟავები და ჩვენ მიერ მიღებული თეანინის პრეპარატი. მიღებული მონაცემები მოგვყავს მე-2 ცხრილში

ცხრილი 1

თავისუფალ ამინომჟავათა შემცველობა ჩაის 2-ფოთლიან ყლორტებში აზოტოვანი სასუქების სხვადასხვა დოზისთან დაკავშირებით (%-ით მშრალ წონაზე)

აზოტოვანი სასუქების დოზა (კგ-ით ჰექტარზე)	ამინომჟავები	თეანინი
PK-ს ფონი	2,06	0,80
" = 50	2,49	0,94
" = 150	3,05	1,16
" = 300	3,24	1,38
" = 500	3,00	2,12
" = 1000	5,94	2,29

მე-2 ცხრილში მოყვანილი მონაცემების თანახმად, ყველა ამინომჟავის შემცველობა, გარდა თეანინისა, მნიშვნელოვნად იზრდება დნობის პროცესში.

ცხრილი 2

თავისუფალ ამინომჟავათა შემცველობის ცვალებადობა 2-ფოთლიანი ყლორტის შავ ჩაიდ გადამუშავებისას (მგ-ით 10 გრამ მშრალ წონაზე)

ამინომჟავები	ნედლი ფოთლი	ღობის შემდეგ	გრების შემდეგ	თერმულ დამუშავებამდე	თერმული დამუშავების შემდეგ
ლიზინი	55	70	76	76	63
ასპარაგინი	58	156	150	156	141
სერინი	85	100	89	89	85
ასპარაგინის მჟავა	288	814	381	385	380
გლუტამინის მჟავა	174	216	199	200	198
ტრეონინი	55	62	48	49	45
ალანინი	70	105	96	100	94
თეანინი	800	796	590	600	590
ტიროზინი	37	70	75	75	67
ვალინი	68	139	126	119	122
ფენილალანინი	27	75	68	68	64
ლეიცინი	28	76	62	62	60

ციელონელი მკვლევარებისაგან [10] განსხვავებით, ჩვენ არ შეგვიძინებია თეანინის შემცირება დნობის პროცესში, რაც შესაძლებელია აიხსნას ციელონზე ბუნებრივი დნობის რამდენადმე განსხვავებული პირობებით.

ფერმენტაციის დროს, რაც ხდება გრეხილ ჩაის ფოთოლში, თითქმის ყველა ამინომჟავის შემცველობა, მათ შორის თეანინისა, შესამჩნევად მცირდება, რაც აიხსნება ამ პროცესის განმავლობაში ამინომჟავათა დაჟანგვით—ჩაის არომატის შემაღვლელობაში შემაჯავლი ალდეჰიდების წარმოშობით, აგრეთვე დაჟანგულ კატეხინებთან და სხვა ნივთიერებებთან ამინომჟავების კომპლექსების წარმოშობით.

მე-2 ცხრილში მოყვანილი მასალებიდან ჩანს აგრეთვე, რომ ნახევარფაბრიკატის თერმული დამუშავება ამცირებს თავისუფალ ამინომჟავათა შემცველობას, რაც მიუთითებს ამინომჟავათა ქიმიურ გარდაქმნაზე ჩაის თერმული დამუშავების დროს.

შავეების დროს და მათი მონაწილეობის შესაძლებლობაზე არომატის წარმოქმნაში. ჩვენ ვაგრძელებთ გამოკვლევას ცალკეულ ამინომჟავათა როლისა და მნიშვნელობის შესასწავლად ჩაის ბიოქიმიასა და ტექნოლოგიაში.

სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის

ჩაის მრეწველობის საკავშირო

ა. ბახისსახელობის ბიოქიმიის ინსტიტუტი

სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 1.12.1966)

## БИОХИМИЯ

М. А. БОКУЧАВА (член-корреспондент АН ГССР), С. Г. ГЕОРГАДЗЕ, В. Р. ПОПОВ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЧАЯ

#### Резюме

Методом хроматографии на бумаге из молодых побегов чая выделен теанин (γ-этиламид L-глутаминовой кислоты) в кристаллическом состоянии.

Проведено исследование изменений свободных аминокислот в процессе производства чая. Работа по выяснению роли и значения отдельных аминокислот в биохимических процессах при производстве чая нами продолжается.

#### დამონუმბული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Бокучава, В. Р. Попов, Значение аминокислот в образовании аромата чая при взаимодействии их с дубильными веществами в условиях повышенной температуры. ДАН СССР, 99, 1954, 145.
2. В. Р. Попов, Окисление аминокислот в присутствии дубильных веществ и полифенолоксидаза чая. Биохимия, 21, 1956, 380.
3. М. А. Бокучава, Биохимия чая и чайного производства. Изд. АН СССР, М., 1948.
4. В. Р. Попов, Сокислительные процессы при производстве чая. Автореферат, М., 1952.
5. М. А. Бокучава, В. Р. Попов, Исследование свободных аминокислот в листьях грузинского и индийского чая методом хроматографии на бумаге. Биохимия чайного производства, 7, III, 1959.
6. В. Р. Попов, Участие аскорбиновой кислоты в окислительных процессах при производстве чая. Биохимия и прогрессивная технология чайного производства, Изд. «Наука», М., 1966, 128.
7. G. Sakato, Studler on the chemical constituents of tea. Pt. 3. On a new amide theanine. J. Agric. chem. Soc. Japan, 23, 1950, 262.
8. Е. А. Робертс, Оценка качества чаев с помощью химического анализа. Биохимия чайного производства, 9, 1962, 148.
9. В. Р. Попов, Количественное определение теанина и свободных аминокислот при развитии побегов чая и во время их технологической переработки. Биохимия и прогрессивная технология чайного производства. Изд. «Наука», М., 1966, 110.
10. G. K. Roberts, G. W. Sanderson, Changes undergone by free amino-acids during the manufacture of black tea. J. Sci. Food a. Agriculture, 17, 1966, 181.

А. Г. ШАЛАШВИЛИ

## ФЛАВОНОИДЫ РОДОДЕНДРОНА КАВКАЗСКОГО (*RHODODENDRON CAUCASICUM* PALL.)

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 21.I.1967)

Рододендрон кавказский (*Rh. caucasicum* Pall.)—вечнозеленый кустарник высотой 1—1,5 м. Растет в высокогорном поясе на высоте 1600—3000 м н. у. м. Образует обширные чистые заросли в альпийском поясе и подросток в субальпийском криволесье. Распространен в северо-восточной части Малой Азии. В Грузинской ССР встречается во всех высокогорных районах [1]. В листьях рододендрона кавказского обнаружены дубильные вещества [2, 3], аскорбиновая кислота [4], растворимые глюкозиды [5], глюкозиды и стерины [3]. Из листьев рододендрона кавказского мы выделили суммарный препарат флавоноидов, который обладает высокой Р-витаминной активностью. Препарат содержит катехины и флавонолы [6].

В данной статье описываются выделение и идентификация индивидуальных соединений из суммарного препарата флавоноидов.

### Экспериментальная часть

Листья рододендрона кавказского были собраны в окрестностях горы Цхра-Цкаро (Бакуриани). Растительный материал фиксировали паром в течение 20—25 минут, высушивали на воздухе и измельчали на специальной мельнице. Суммарный препарат флавоноидов получили на Щелковском витаминном заводе по технологической схеме, разработанной А. Л. Курсановым и М. Н. Запрометовым для производства витамина Р из листьев чая [7]. С целью удаления хлорофилла, смолистых веществ, жиров и некоторых глюкозидов листья обрабатывали хлороформом. Для получения суммарного препарата флавоноидов экстракцию продолжили 96% этанолом. Полученный этаноловый экстракт после сгущения в вакуум-испарительной установке высушивали на вакуум-вальцовой сушилке. Получили легкий порошок с зеленоватым оттенком. Выход 10%.

Суммарный препарат флавоноидов разделили на отдельные фракции методом адсорбционной хроматографии на колонке полиамидного сорбента, приготовленного по методике Харьковского научно-исследовательского химико-фармацевтического института [8].

Препарат флавоноидов в количестве 31 г растворили в дистиллированной воде. Для окончательной очистки от примесей раствор дополнительно экстрагировали хлороформом и затем хроматографировали на колонке высотой 87 см и диаметром 4,5 см. Сначала колонку элюи-



ровали дистиллированной водой, а затем элюцию продолжили водным этанолом различной концентрации. Фракции отбирали по 60 мл. Контроль процесса элюирования осуществляли для катехинов ванилиновым реактивом [9], а для флавонолов — цианидиновой пробой. Элюаты анализировали методом бумажной хроматографии. Катехины проявляли 1% раствором ванилина в HCl, а флавонолы — 1% раствором хлористого алюминия в этаноле. Хроматограммы флавонолов просматривали в УФ-свете [10]. Элюаты, имеющие одинаковый состав, объединяли, упаривали и высушивали в вакууме при 30° с помощью сухого льда.

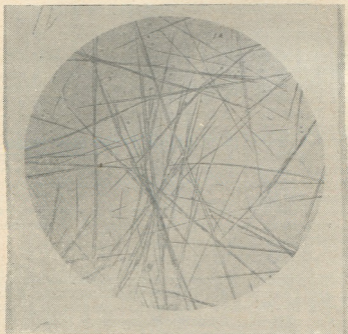


Рис. 1. Вещество 1 ( $\times 200$ )

В основном получили три фракции А, В и С. Из этих фракций индивидуальные соединения выделили методом препаративной хроматографии на бумаге «Ватман ЗММ». Бумагу предварительно обрабатывали 3 н. HCl, затем промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции и высушивали при комнатной температуре [11]. Хроматографирование проводили восходящим способом в стеклянных камерах. Размер листа 17×58 см. На каждом листе полосой длиной 16 см наносили растворенные в этаноле 5—7 мг исследуемой фракции. Верхний край листа прикрепляли деревянным зажимом к стеклянной ванночке, а нижний край опускали в растворитель (смесь n-бутанола, уксусной кислоты и воды (4:1:5) — верхний слой). Проводили двукратное разделение. Продолжительность первого разделения 24 часа. После этого хроматограммы высушивали и вновь помещали в камеру

на 72 часа. Затем хроматограммы сушили и в УФ-свете отмечали выделенные полосы, которые вырезали, измельчали и экстрагировали 80% этанолом при комнатной температуре [12].

(+)-Катехин. Полосу, выделенную из фракции А, экстрагировали и упаривали в вакууме при 35° до 4 мл. На холоде выпадали белые игольчатые кристаллы (0,132 г; воздушно-сухой лист содержит 0,087%). Вещество 1, рис. 1.

После перекристаллизации из воды кристаллы отфильтровывали, промывали ледяной водой и сушили в вакуум-эксикаторе при комнатной температуре над P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Температура плавления 175—176°. УФ-спектр был снят в 96% этаноле на спектрофотометре СФ=4: λ<sub>max</sub> 280 мμ.

Найдено, %: С 62,24; Н 4,91. C<sub>15</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 62, 06; Н 4,86.

Щелочное расщепление вещества 1 проводили по методике М. Н. Запримова [13]. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Значения R <sub>F</sub>		Окраска на хроматограммах		
	н-Бутанол-85% муравьиная кислота-вода (95 : 10 : 20)		в УФ-свете	1% водный раствор FeCl <sub>3</sub> + 1% водный рас- твор K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	1% раствор ванилина
Продукты расщепления	0,71			Синяя	Розовая
		0,79	Ярко-голубая флуоресценция	Синяя	
Аутентичный флоро- глюцин	0,71			Синяя	Розовая
Аутентичная протока- теховая кислота		0,79	Ярко-голубая флуоресценция	Синяя	

Значения R<sub>F</sub> для вещества 1 в разных системах растворителей и качественные реакции приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование	Значения R <sub>F</sub>				Окраска на хроматограммах		
	н-Бутанол- уксусная кислота-во- да (4 : 1 : 5) (верхний слой)	Вода	15% уксус- ная кислота	Фенол, на- сыщенный водой	1% раствор ванилина [9]	1% раствор железоам- монийных квасцов [9]	3% раствор п-толуол- сульфокис- лоты [13]
Вещество 1	0,66	0,30	0,52	0,43	Красная	Зеленая	Желтая
Аутентичный (+)-катехин	0,66	0,30	0,52	0,43	Красная	Зеленая	Желтая



На основе полученных результатов можно считать, что выделенное кристаллическое вещество I представляет (+)-катехин [9].

Кв а р ц е т и н-3-D-г а л а к т о з и д. Полосу, выделенную из фракции В, экстрагировали, упаривали в вакууме при 40° до небольшого объема и ставили на холод. Выпадали светло-желтые кристаллы (0,160 г; 0,048%). Вещество II. После перекристаллизации из воды кристаллы стфильтровывали, промывали ледяной водой и сушили в вакуум-эксикаторе над P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Температура плавления 236—237°. УФ-спектр был снят в 96% этаноле:  $\lambda_{\max}$  258; 362,5 м $\mu$ ;  $\lambda_{\min}$  234,5; 283,5 м $\mu$ .

Найдено, %: С 48,95; Н 5,27. C<sub>21</sub>H<sub>20</sub>O<sub>12</sub>·3H<sub>2</sub>O. Вычислено, %: С 48,64; Н 5,05.

Кислотный гидролиз вещества II проводили по следующей методике [14]. 4 мг вещества II растворяли в 2 мл 0,5 н. HCl и раствор нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 минут. Агликон и сахар идентифицировали методом бумажной хроматографии [15]. Полученные результаты приведены в табл. 3 и 4.

Значения R<sub>F</sub> для вещества II в разных системах растворителей и качественные реакции приведены в табл. 5.

На основе полученных результатов можно считать, что выделенное кристаллическое вещество II представляет кверцетин-3-D-галактозид (гиперин) [17—19].

К в е р ц е т и н-3-L-а р а б и н о з и д. Полосу, выделенную из фракции С, экстрагировали, упаривали и сушили в вакууме при помощи сухого льда. Получили аморфное вещество, которое при перехроматографировании в кислом растворителе разделилось на две части (R<sub>F</sub> 0,29; R<sub>F</sub> 0,33). Для разделения применили метод препаративной хроматографии на бумаге «Ватман 3ММ». Бумагу предварительно промывали этаноном. Растворителем служила 5% уксусная кислота. Использовали нисходящий способ. На листок бумаги (17×58) полосой длиной 16 см наносили растворенные в этаноле 4 мг вещества. Проводили двукратное разделение: первое в течение 4 часов, второе — 7 часов.

Соединение, выделенное из полосы с R<sub>F</sub> 0,33, оказалось кверцетин-3-D-галактозидом. Экстракт, полученный из полосы с R<sub>F</sub> 0,29, упаривали в вакууме при 40° до небольшого объема и ставили на холод. Выпадали светло-желтые кристаллы (0,09; 0,027%). Вещество III. После перекристаллизации из воды кристаллы отфильтровывали, промывали ледяной водой и сушили в вакуум-эксикаторе над P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Температура плавления 214—216°. УФ-спектр был снят в 96% этаноле:  $\lambda_{\max}$  258; 361 м $\mu$ ;  $\lambda_{\min}$  233,5; 282,5 м $\mu$ .

Найдено, %: С 52,94; Н 5,07. C<sub>20</sub>H<sub>18</sub>O<sub>12</sub>·H<sub>2</sub>O. Вычислено, %: С 53,1; Н 4,45.

Кислотный гидролиз вещества III проводили по вышеописанной методике [14]. Агликон и сахар идентифицировали методом бумажной хроматографии [15]. Полученные результаты приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Наименование	Значения R <sub>F</sub>			Окраска на хроматограммах		
	н-Бутанол—уксусная кислота—вода (4:1:5) (верхний слой)	Уксусная кислота—соляная кислота—вода 30:3:10	Бензол—уксусная кислота—вода 125:75:3	в УФ-свете	в УФ-свете+ пары NH <sub>3</sub>	в УФ-свете+ AlCl <sub>3</sub>
Продукты гидролиза вещества II	0,70	0,43	0,40	Желтая	Желтая	Желто-зеленая
Продукты гидролиза вещества III	0,70	0,43	0,40	Желтая	Желтая	Желто-зеленая
Аутентичный кверцетин	0,70	0,43	0,40	Желтая	Желтая	Желто-зеленая

Таблица 4

Наименование	Значения R <sub>F</sub>		Окраска на хроматограммах
	н Бутанол—бензол—пиридин—вода 5:1:3:3	Фенол, насыщенный водой	с молибдатом аммония [16]
Продукты гидролиза вещества III	0,13	0,48	Синяя
Аутентичная D-галактоза	0,13	0,48	Синяя
Продукты гидролиза вещества III	0,20	0,60	Синяя
Аутентичная L-арабиноза	0,20	0,60	Синяя

Таблица 5

Наименование	Значения R <sub>F</sub> [10]				Окраска на хроматограммах [15]		
	н-Бутанол уксусная кислота вода (4:1:5) (верхний слой)	В о д а	15 % уксусная кислота	Фенол, насыщенный водой	в УФ-свете	в УФ-свете + пары NH <sub>3</sub>	в УФ-свете + AlCl <sub>3</sub>
Вещество II	0,55	0,14	0,33	0,53	Коричневая	Желто-коричневая	Желтая
Аутентичный кверцетин-3-β-D галактозид (гиперин)	0,55	0,14	0,33	0,53	Коричневая	Желто-коричневая	Желтая
Вещество III	0,69	0,08	0,29	0,48	Коричневая	Желто-коричневая	Желтая

\* Образцы гиперина и авикулярина были любезно предоставлены нам научным сотрудником ХНИХФИ Н. Ф. Комиссаренко.

Значения  $R_F$  для вещества III в разных системах растворителей и качественные реакции приведены в табл. 5.

На основе полученных результатов можно считать, что выделенное кристаллическое вещество III представляет кверцетин-3-L-арабинозид (авикулярин) [17—19].

### Выводы

Из листьев рододендрона кавказского (*Rhododendron caucasicum* Pall.) выделены и идентифицированы: (+)-катехин, кверцетин-3-D-галактозид (гиперин) и кверцетин-3-L-арабинозид (авикулярин).

Академия наук Грузинской ССР  
 Лаборатория биохимии растений

(Поступило в редакцию 21.1.1967)

აიოქიზი

ა. შალაშვილი

## დეკას (*RHODODENDRON CAUCASICUM* PALL.) ფოთლების ფლავონოიდური ნაერთები

რეზიუმე

დეკას (*Rhododendron caucasicum* Pall.) ფოთლებიდან შიოლკოვოს ვიტამინების ქარხანაში მიღებულია ფლავონოიდების ჯამური პრეპარატი. პოლიამიდური სორბენტის სვეტზე პრეპარატი დაყოფილია ცალკეულ ფრაქციებად. ამ ფრაქციებისაგან ქალაღის პრეპარატიული ქრომოტოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით გამოყოფილია: (+)-კატეხინი— $C_{15}H_{14}O_6$  (0,132 გრ., ჰაერზე გამშრალი ფოთოლი შეიცავს 0,087%-ს); დნ. ტ. 175—176°.  $\lambda_{max}$  280  $\mu$ ; კვერცეტინ-3-D-გალაქტოზიდი (ჰიპერინი)— $C_{21}H_{20}O_{12} \cdot 3 H_2O$  (0,160 გრ. 0,048%); დნ. ტ. 236—237°;  $\lambda_{max}$  258; 326, 5  $\mu$ ;  $\lambda_{min}$  234,5; 283,5  $\mu$ ; კვერცეტინ-3-L-არაბინოზიდი (ავიკულარინი)— $C_{20}H_{18}O_{11} \cdot H_2O$  (0,09 გრ., 0,027%); დნ. ტ. 214—216°;  $\lambda_{max}$  258, 361  $\mu$   $\lambda_{min}$  233,5; 282,5  $\mu$ .

### დავრწმავული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Флора СССР, XVIII, 1952, 39.
2. Л. И. Джапаридзе и М. Н. Чрелашвили. Рододендрон кавказский как дубильное растение. Сообщения АН ГССР, VI, 2, 1945, 133.
3. Е. А. Грязнова, Л. А. Подколзина. Материалы к химическому изучению рододендрона желтого и кавказского. Ученые записки Пятигорского гос. фармацевт. ин-та, II, 1957, 117.
4. Т. А. Кезели и М. Н. Чрелашвили. Аскорбиновая кислота и каталаза в листьях рододендрона в связи с вертикальной зональностью. Сообщения АН ГССР, VIII, 6, 1947, 413.

5. М. Н. Чрелашвили. Содержание растворимых глюкозидов в молодых и старшего возраста листьях рододендрона кавказского. Сообщения АН ГССР, VI, 1, 1944, 51.
6. С. В. Дурмишидзе, А. Г. Шалашвили, М. П. Ушакова. Новые источники биофлавоноидов. Сообщения АН ГССР, XXV, 6, 1960, 673.
7. А. Л. Курсанов и М. Н. Запрометов. Промышленное получение витамина Р из листьев чая. Физиология растений, 2, 4, 1955, 387.
8. В. И. Литвиненко, Н. П. Максютин, Д. К. Колесников. Получение полиамидного сорбента. Медицинская промышленность СССР, 3, 1962, 40.
9. С. В. Дурмишидзе. Дубильные вещества и антоцианы виноградной лозы и вина. Изд. АН СССР, М., 1955.
10. J. V. Harborne. The Chromatography of the Flavonoid Pigments. J. Chromatography, 2, 6, 1959, 581.
11. Г. А. Бузун. Препаративное получение катехинов методом хроматографии на бумаге. Биохимия чайного производства, 9, 1962, 189.
12. Г. А. Бузун, К. М. Джемухадзе, А. Ф. Милешко. Препаративное получение катехинов чая с применением сефадекса. Прикладная биохимия и микробиология, 1, 5, 1965, 522.
13. М. Н. Запрометов. Биохимия катехинов. Изд. «Наука», М., 1964.
14. B. V. Chandler, K. A. Harper. Identification of Saccharides in Anthocyanins and other Flavonoids. Australian J. Chem., 14, 4, 1961, 587.
15. H. W. Sigelman. Quercetin Glycosides of Grimes Golden Apple Skin. J. Biol. Chem., 213, 2, 1955, 647.
16. С. Аронов. Изотопные методы в биохимии. ИЛ, М., 1959, 177.
17. W. Karrer. Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1958.
18. Н. Ф. Комиссаренко, В. Г. Чернобай, Д. Г. Колесников. Флавоноиды рододендрона желтого *Rhododendron luteum* Sweet. Медицинская промышленность СССР, 1, 1965, 25.
19. S. Hattori. Glycosides of Flavones and Flavonols. The Chemistry of Flavonoide Compounds. Ed. by T. A. Geissman, London, 1962.

Л. И. МАНУАШВИЛИ

## УНИКАЛЬНАЯ МНОГОЭТАЖНАЯ КАРСТОВАЯ ПЕЩЕРА ЦУЦХВАТИ В ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 4.10.1966)

Многоэтажностью карстовых пещер называется такая их группировка, при которой отдельные пещеры, число коих может равняться 2—5 и более, обозначают разные стадии эволюции одного и того же карстового водотока и располагаются на различных абсолютных и относительных гипсометрических уровнях.

Этажи могут находиться точно на одной вертикали — друг над другом, но чаще они сдвинуты в плане по отношению друг к другу. Вертикальное расстояние между этажами изменяется в широких пределах — от 1—2 до десятков и даже (в зонах интенсивных поднятий) сотен метров, а вся система этажей бывает растянута по вертикали от 3—5 до нескольких десятков метров, а иногда и многих сотен метров. Горизонтальный размах этажеобразования также весьма изменчив, колеблясь от нескольких метров до нескольких километров.

Как отмечалось нами ранее [1], этажность бывает выражена морфологически различно. Выделяются параллельный, пересекающийся и вложенный типы этажности (ярусности). В сложных пещерах имеет место сочетание двух или даже всех трех типов ярусности. В определенных условиях (близость или пересечение смежных ярусов между собой, непрочность вмещающих пород) происходит объединение частей разных пещерных ярусов в единую полость.

Причиной этажеобразования является смещение карстового водотока по отношению к вмещающей карстующейся толще сверху вниз, обусловленное развитием наземного рельефа — углублением речных долин, регрессивным перемещением берега водоема (океана, моря, озера) или тектоническим поднятием карстового массива. Наиболее универсальным фактором этажеобразования является, по-видимому, эвстазия — общее снижение океанического уровня и континентальных водоемов с неогена, усложненное колебательными (гляциоэвстатическими и другими) изменениями. Тектонический (местный) фактор имеет более локальное значение, определяемое распространением активных зон поднятия земной коры.

Многоэтажные карстовые пещеры известны во многих странах мира [2, 3]. В последнее время исследовались этажи пещер Хёллох в Швейцарии [4], Красных пещер в Крыму [5], Большой Воронцовской пещеры в Западном Кавказе [6] и т. д. Следует отметить, что за пещерные этажи часто принимаются расположенные на разных уровнях и значительно удаленные друг от друга в плане отдельные пещеры,

связь которых с одним определенным карстовым водотоком не доказана или даже является маловероятной, а иногда и немислимой. Многие исследователи пытались сопоставлять такие «псевдоэтажи» с речными террасами. В основе всех этих попыток лежит предположение об одновременном формировании пещер и террас в тектонические паузы ([3], стр. 195), причем относительные высоты одновозрастных пещер и террас над тальвегами речных долин получаются приблизительно одинаковыми. Сопоставления твердо установленных пещерных этажей (стадий развития одного и того же подземного водотока) с террасами в литературе почти неизвестны.

Цуцхватская пещера<sup>(1)</sup>, выделяющаяся среди карстовых пещер мира и по числу составляющих этажей, и по степени доказанности их принадлежности к разным стадиям эволюции одной определенной карстовой реки, представляет собой классический пример многоэтажной пещеры. Анализ ее морфологических особенностей позволяет внести дополнительную ясность в общие вопросы пещерообразования и поэтому представляет значительный интерес.

Первое упоминание Цуцхватской пещеры, ее краткая характеристика принадлежит геологам, изучавшим Окрибу. Значительно позже, с 50-х гг. нашего века, эта пещера более или менее подробно описана в нескольких опубликованных работах [7—10]. Однако все эти исследования из-за их кратковременности и труднодоступного, скалисто-лесистого характера местности не смогли в надлежащей степени охватить сложный карстовый комплекс. От них ускользнули наиболее выдающиеся черты Цуцхватской пещеры, придающие ее изучению большой спелеологический и геоморфологический интерес. Пробел этот был в значительной мере восполнен лишь в 1966 г., когда в результате двух экспедиций геоморфологического отдела Института географии им. Вахушти были выявлены численность и характер составляющих пещеру этажей и восстановлен ход ее исторического развития<sup>(2)</sup>. Предварительные результаты этих исследований излагались вкратце в газетных заметках [11, 12].

Цуцхватская пещера расположена восточнее г. Кутаиси, в 10 км от него (по прямой), на территории Ткибульского административного района, у северной границы Терджольского района. Ее основная сквозная галерея длиной 200 м пронизывает пониженную в этом месте часть гребня Окрибо-Аргветской гряды и выводит речной сток поверхностно замкнутой Цуцхватской котловины в бассейн р. Квирилы. Пещера выработана в нижнемеловых известняках, надвинутых с юга к северу, на юрские отложения, слагающие Цуцхватскую котловину, по плоскости «Южно-Окрибского взброса»<sup>(3)</sup>. Речка, суммирующая в себе весь сток Цуцхватской котловины и на расстоянии 200 м протекающая по главной галерее Цуцхватской пещеры, носит название Шабата-геле. Ниже пещеры она соединяется с р. Чишура, вытекающей из другой карсто-

(1) В литературе она иногда называется «Магара», что по-турецки означает вообще пещеру.

(2) В экспедициях вместе с автором участвовали Д. Табидзе, Ч. Джанелидзе, К. Липонава и Б. Гергедава.

(3) Пласты известняка падают к югу под углом 20—30°.



вой пещеры, и впадает затем в р. Квирилу справа, близ ж.-д. ст. Аджамети.

Цуцхватская пещера состоит из 11—12 этажей, размещающихся в высотном интервале около 60 м и раздвинутых в плане примерно на вдвое большее расстояние<sup>(1)</sup>. Здесь представлены все три типа ярусности (см. выше), а также полости, образовавшиеся путем объединения нескольких ярусов в результате обрушивания кровли. Суммарная длина пещер всех этажей в пределах их свободных (заполненных воздухом) частей достигает 800 м, а с присоединением узкого, целиком заполненного водой нижнего этажа превышает 1200 м. Твердо установленным можно считать наличие 11 этажей, соответствующих самостоятельным стадиям снижения р. Шабата-геле. Один этаж (см. ниже) пока является проблематичным. Гребень Окрибо-Аргветской гряды<sup>(2)</sup> над пещерой образует глубокий вырез—седловину, низшая точка которой имеет 60—70 м относительной высоты над уровнем р. Шабата-геле и которая своей формой в продольном профиле обрисовывает поперечный профиль бывшей наземной долины названной реки, существовавшей до начала формирования пещеры. Разные этажи находятся в различных стадиях своего развития — от воклюзовой стадии нижнего этажа, через водно-галерейную и сухо-галерейную стадии II—IV этажей, до камерной стадии верхних этажей<sup>(3)</sup>. Открытость этажей, а следовательно, и их доступность изучению с южной стороны лучше, чем с северной. На южной стороне перемычки Окрибо-Аргветской гряды открываются девять этажей, а на северной — только 5—6. Ниже дается поэтическое описание Цуцхватской пещеры.

I. Самый низкий этаж Цуцхватской пещеры в настоящее время переживает каналово-воклюзовую стадию. Длина его превышает 400 м. Располагается он на глубине нескольких метров от современного русла р. Шабата-геле. Часть вод этой реки проваливается в дно озера северной части главной галереи (см. ниже) и, пройдя подземный маршрут, вновь появляется на поверхности в виде воклюза на правом берегу р. Шабата-геле, ниже нижнего конца главной галереи. При установлении данного яруса нами использован опыт местного населения. По словам цуцхватцев, на глазах современного поколения дебит указанных воклюзов резко увеличился. Это свидетельствует о быстром расширении канала первого яруса Цуцхватской пещеры.

II. Второму ярусу соответствует дно главной галереи. Сама галерея сформировалась путем объединения второго яруса с отрезками

(1) Высотное положение этажей измерялось нами геодезическим способом (теодолитов).

(2) Окрибо-Аргветская гряда отделяет замкнутые карстовые котловины Окрибы — Цуцхватскую и Ахалопельскую от бассейна р. Квирилы орографически, но не препятствует их гидрографической связи. Восточнее Цуцхвати другая карстовая пещера длиной около 2 км, выводит р. Ткибулу к Квириле.

(3) При выделении стадий морфологической и гидрографической эволюции карстовых пещер автор основывается на своей схеме, изложение которой входит в подготовленный к печати очерк «Морфологический анализ карстовых пещер». Схема эта отличается от схемы Г. А. Максимова [3] в части, относящейся к более поздним (послевоклюзовым) стадиям пещерного цикла.

вышерасположенных более древних этажей — третьего, четвертого и частично даже пятого. Имея длину 200 м, она представляет собой самую крупную по объему (приблизительно 45000 м<sup>3</sup>) полость во всей пещерной системе. Высота ее северной залобранной части достигает 30 м. Главная галерея соединена с уцелевшими отрезками частично поглощенных ею III—V ярусов, образующими ее ответвления и имеющими самостоятельные наружные выходы. В основной галерее имеют скопления глыбового материала обвалов, травертинов и весьма живописная группа оригинальных сталагмитов «Заговорщики», стоящая высоко на остатке дна какого-то яруса в южной части пещеры<sup>(1)</sup>. По дну галереи протекает р. Шабата-геле, теряющая часть своих вод в довольно глубоком озере, запирающем северный портал пещеры.

### Цуцхватская многоярусная пещера

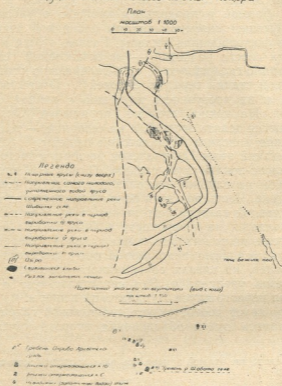


Рис. 1

III. Остатки третьего этажа сохранились как в обеих (северной и южной) фасадных частях пещерного комплекса, так и в ответвлении главной галереи. К данному ярусу относятся: а) дугообразная галерея левого ответвления северной части главной галереи с небольшим озером

(1) Эти сталагмиты хорошо видны из правого ответвления главной галереи.

ром и самостоятельным выходом на левобережье р. Шабата-геле; б) аппендиксовидная галерея левого ответвления южной части главной галереи длиной 60 м с самостоятельным выходом на левобережье р. Шабата-геле и в) дугообразная галерея правого ответвления основной галереи длиной 55 м, имеющая три выхода (два в основную галерею и третий самостоятельный). Эта галерея соответствует третьему ярусу своей придонной частью. Она объединена с четвертым ярусом, которому и принадлежит третий (самостоятельный) выход.

Днища галерей а) и в) расположены на высоте 6 м от р. Шабата-геле, а дно галереи б) — на высоте 2 м. Это вызывает подозрение, не является ли в действительности б) третьим, а а) и в) четвертым ярусом. Решить окончательно этот вопрос можно после детального изучения неотектоники района Цуцхватской пещеры. Предположение о том, что различие в высотном положении фрагментов третьего яруса обусловлено тектоническими подвижками, пока не находит подтверждения в морфологии и строении более высоких ярусов. Учитывая малую вероятность бифуркации подземной реки по двум вместительным галереям, следует признать самостоятельность галереи б) как пещерного этажа. В таком случае этажность Цуцхватской пещеры определится числом 12.

IV. Четвертый (пятый) ярус с относительной высотой 11 м от р. Шабата-геле соответствует гроту на левобережье названной реки близ северного портала главной галереи и прикровельной части правого дугообразного ответвления той же галереи с его «запасным выходом».

V. Пятый ярус представлен на высоте 27 м двумя фрагментами: на севере — туликообразной узкой галереей левобережья р. Шабата-геле и на юге — двойным гротом правобережья той же реки. В обоих фрагментах имеются рыхлые отложения с культурными остатками человека.

VI. Этому ярусу соответствует труднодоступная пещера в обрыве южного фасада, на левобережье р. Шабата-геле, на относительной высоте около 35—40 м, которая еще не исследовалась.

VII—VIII—IX. Группа из трех пещер, получившая название Гамуребис-мгвиме («Пещера летучих мышей»), расположена в обрыве правобережья р. Шабата-геле на южном фасаде. Пещеры параллельны между собой и находятся на различных уровнях (40—50 м) с высотными интервалами 6,5 и 4,2 м. Это самостоятельные этажи, населенные множеством летучих мышей и использовавшиеся в феодальную эпоху в качестве убежища-хранилища военного времени. Уступ, связывающий их между собой, снабжен искусственными стенками из каменной кладки на известковом растворе, выполнявшими функцию иерил. В самых пещерах имеются остатки кувври (больших глиняных кувшинов), врытых в дно. Наиболее длинная из пещер имеет протяженность 54 м.

X. Почти заполненный рыхлыми отложениями тоннель на высоте около 55 м от р. Шабата-геле; открывается к югу, недалеко от «Пещеры летучих мышей».

XI. Самый верхний ярус выражен гротом, открывающимся на северной стороне перемычки Окрибо-Аргветской гряды, восточнее всех

остальных частей Цуцхватской пещеры, на высоте около 60 м от р. Шабата-геле. Продолжением его к югу должна являться пещера Бежиас-тба на южном склоне вышеупомянутой гряды, в боковом овраге. В эпоху выработки данного яруса р. Шабата-геле на своем подземном отрезке текла прямолинейно к ЮВ и не делала, как сейчас, поворота вправо (к ЮЗ). Пещера Бежиас-тба заполнена толщей суглинков (мощность 7—8 м). В стенках барсучьих нор обнажаются культурные слои.

Таким образом, современный сложный морфологический характер Цуцхватского пещерного комплекса сложился в результате скачкообразного снижения р. Шабата-геле в толще нижнемеловых известняков (средняя амплитуда скачков 5—5,5 м), с одновременными перемещениями реки в плане то с востока на запад, то наоборот (общий размах перемещений в горизонтальной плоскости не более 100—120 м). Каждый последующий ярус начинал свое развитие в эпоху активного формирования предыдущего яруса и достигал воклюзовой стадии до окончания водно-галерейной стадии последнего.

«Южно-Окрибский надвиг», поднявший нижнемеловые известняки и закрывший выходы Цуцхватской и Ахалсопельской котловин, произошел, по А. И. Джanelидзе, в валахскую орогенетическую фазу, а по А. Л. Цагарели, в послечуудинское время [13]. Принимая первое предположение как более вероятное (второе представляется нам основанным на ошибочных аргументах), получаем, что многоэтажная Цуцхватская пещера сформировалась за послегурийское время, т. е. за плейстоцен или за 800 000—1 000 000 лет. Средняя продолжительность активного формирования каждого из 11—12 ярусов получается равной 66—73 тысячелетиям. Основная часть этого срока приходится, по-видимому, на долю водно-галерейной стадии. Четвертый ярус находится в сухо-галерейной стадии уже 200 000 лет. Верхние (VII—XI) ярусы вышли из водно-галерейного состояния 400 000—700 000 лет тому назад.

Конкретное геохронологическое распределение фаз развития Цуцхватской пещеры, т. е. возраст ее отдельных этажей, в настоящее время еще трудно установить. Рыхлые отложения средних и верхних ярусов, содержащие палеозоологические и археологические показатели верхнего возрастного предела этих пещер, еще не подвергались археологическим раскопкам. Что касается геоморфологического метода датировки пещер, то он в данном случае трудноприменим по следующим соображениям. В долине р. Шабата-геле террасы развиты очень слабо. Ниже Цуцхватской пещеры отчетливо выражена единственная терраса высотой 70—80 м, протягивающаяся по левобережью р. Шабата-геле и относящаяся к эрозионному типу (цоколь бывшей цокольной террасы?). Она древнее всех этажей пещеры и относится, по-видимому, к концу плиоцена—ко времени, когда р. Шабата-геле еще не имела подземного отрезка. Терраса эта увязывается с плоскостью гребня, на котором стоят развалины Цуцхватской средневековой крепости, и с перемычкой гребня Окрибо-Аргветской гряды над пещерой (перемычка снижена денудацией на 15—20 м).

Таким образом, в долине р. Шабата-геле ниже Цуцхватской пещеры нет террас, сформировавшихся за период этажеобразования.

Выработка этой долины в плейстоцене протекала под влиянием эрозии, почти не прерывавшейся фазами затишья и аккумуляции, и, следовательно, в развитии долины не было таких эпизодов, которые могли бы сыграть решающую роль в формировании этажей Цуцхватской пещеры. Выше пещеры, в Цуцхватской котловине, замечаются ступенеобразные элементы рельефа, но мощное развитие оползней сильно затрудняет выделение закономерно связанных с эрозионными фазами террасовых уровней. Р. Квирила, сопровождаемая ссрией террас, протекает уже в другой тектонической зоне, и поэтому с этажами Цуцхватской пещеры здесь могут быть сопоставлены лишь низкие террасы, на которых не успело сказаться погружение Колхидской низменности. Таким образом, возраст отдельных этажей Цуцхватской пещеры остается неясным.

### Выводы

1. Цуцхватская пещера представляет собой уникальную в мире пещерную систему, состоящую из 11—12 этажей.

2. Темп и ритм формирования этажей Цуцхватской пещеры не обнаруживает закономерной связи с темпом и ритмом террасообразования в долине р. Шабата-геле.

3. Многоярусное строение пещеры обусловлено прогрессирующим снижением уровня Черного моря за плейстоцен. Тектоника сыграла для него лишь роль начального толчка, вызвавшего переход отрезка р. Шабата-геле на подземный режим.

4. Численность, расстановка в плане и гипсометрическое положение этажей обусловлены специфическими закономерностями, присущими карстовому процессу (скорость растворения известняков, характер их трещиноватости и т. п.).

Академия наук Грузинской ССР  
Институт географии им. Вахушти

(Поступило в редакцию 4.10.1966)

გეოგრაფია

ლ. მარუაშვილი

უნიკალური მრავალსართულიანი კარსტული მღვიმე ცუცხვათში  
(დას. საქართველო)

რეზიუმე

ცუცხვათის 11—12-სართულიანი მღვიმე ჩამოყალიბდა პლეისტოცენის განმავლობაში, მდ. შაბათა-ღელის ზევიდან ქვევითკენ გადაადგილების შედეგად. მღვიმის სართულები არ ამქლავებენ კავშირს ტერასთ წარმოქმნასთან. მათი განვითარება ემორჩილებოდა კარსტული პროცესებისათვის დამახასიათებელ სპეციფიკურ კანონზომიერებებს და მიმდინარეობდა შავი ზღვის დონის დადაბლებით გამოწვეული, ხეობათა ეროზიული გაღრმავების ფონზე.

9. „მოამბე“, XLVI, № 1, 1967

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л. И. Маруашвили и З. К. Тинтилозов. Результаты новейших спелеологических исследований в карстовой полосе Зап. Грузии. Землеведение, нов. сер., № 6, 1963.
2. Н. А. Гвоздецкий. Карст. М., 1954.
3. Г. А. Максимович. Основы карстования, т. I. Пермь, 1963.
4. A. Bögli. Les niveaux (étagés) de la plus longue grotte du Monde, le Höllloch (Suisse). IV<sup>e</sup> Congrès international de speleologie en Yougoslavie. Resumes des communications, Ljubljana, 1965.
5. В. Н. Дублянский. К вопросу о корреляции террасовых уровней и этажей пещер в областях интенсивных антропогенных поднятий. АН СССР, Спелеологическая комиссия. Шестая научная сессия спелеологов (выездная сессия в гор. Кутаиси), краткое содержание докладов. Тбилиси, 1966.
6. Л. Н. Соловьев. О возрасте карста северо-западного Кавказа. В кн.: «Региональное карстование», изд. АН СССР, М., 1961.
7. Л. И. Маруашвили. Горные пещеры Грузии. В сб.: «Побежденные вершины (год 1953)», М., 1954.
8. Л. И. Маруашвили. Предисловие к грузинскому изданию книги Н. Кастере «Десять лет под землей». Тбилиси, 1957.
9. Л. И. Маруашвили. Свет во мраке (пещеры Грузии). Тбилиси, 1963.
10. Ш. Я. Килгани и З. К. Тинтилозов. Карстовые пещеры окрестностей Кутаиси-Навенахеви. Труды Ин-та географии им. Вахушти, т. XVII, Тбилиси, 1962.
11. Л. И. Маруашвили. Девять этажей под землей. Газета «Вечерний Тбилиси», от 20 августа 1966 г.
12. Л. И. Маруашвили. Чудо Окрибы. Газета «Коммунист», от 13 сентября 1966 г.
13. А. Л. Цагарели. Четвертичная тектоника Грузии. В сб.: «Гималайский и альпийский орогенез» (Международный геологический конгресс, XXII сессия, доклады советских геологов, проблема 11), изд. «Недра», М., 1964.

М. Д. УЗНАДЗЕ

## НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ОБ ЭОЦЕНОВОЙ ФЛОРЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. АХАЛЦИХЕ (ГРУЗИНСКАЯ ССР)

(Представлено академиком И. И. Качаравა 22. 7. 1966)

Растительные остатки, обнаруженные в низах верхнего эоцена окрестностей Ахалцихе, относятся к наиболее древним находкам третичной флоры, известной до настоящего времени на территории Грузии и всего Закавказья. Поэтому, несмотря на скудность материала и не блестящую ее сохранность, эта небольшая коллекция является очень ценной и интересной.

Ископаемая флора была найдена на расстоянии 200—300 м от Боржом-Ахалцихской шоссеиной дороги, в ущелье небольшой речки Млашехеви, левого притока р. Куры. Здесь обнажаются крупнообломочные брекчии, содержащие валуны туфов среднего эоцена. Над ними следуют слоистые и глинистые песчаники с прослоями маломощных мергелей, раковинами верхнеэоценовых крупных устриц, отпечатками рыб и растительных остатков. Последние сохранились в виде отпечатков листьев и небольших побегов.

Среди них удалось выделить следующие виды:

*Pinus* sp.—часть длиной хвои,

*Ephedrites sotzkianus* Ung.—разветвленный побег,

*Dryophyllum curticellense* (Wat.) Sap.—листья,

*Cinnamotum cinnamomeum* (Rossm.) Holl.—часть листа,

*Elaeodendron obovatifolium* Engelh. лист,

*Rhizophora thinophila* Ettings.—листья,

*Chrisophyllum juglandoides* Wat.—лист,

*Sapotacites belenensis* Wat.—лист,

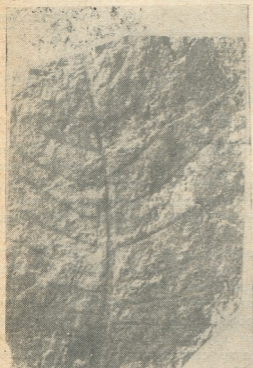
*Platanus* sp.—часть крупного листа,

*Artocarpidium latifolium* Usnadze sp. n.—листья.

Как видно из списка, в коллекции встречены редкие отрывки хвои сосны и единственный экземпляр веточки эфедры. Остальные отпечатки относятся к кожистым листьям двудольных. Среди них наиболее часто встречаются крупнолистные формы *Artocarpidium latifolium* sp. n. с мощ-

ной средней и не менее мощными боковыми жилками. Единственный отпечаток неполного крупного листа *Platanus* sp. отличается также крупным жилкованием.

Наличие таких родов, как *Rhizopora*, *Elaeodendron*, *Sapotacites*, *Artocarpidium*, и кожистая текстура листьев характерны для представителей



Фиг. 1

вечнозеленой флоры областей с высоким температурным режимом. Преобладание крупнолистных форм с мощными жилками говорит о большом количестве влаги. Таким образом, имеющийся в нашем распоряжении палеоботанический материал указывает на то, что в верхнем эоцене, на сушах, выступающих в Ахалцихском бассейне, произрастали вечнозеленые широколиственные леса, соответствующие современным лесам влажных жарких субтропиков.

Влаголюбивый характер ахалцихской эоценовой флоры отличает ее от других эоценовых флор СССР, характеризующихся преобладанием ксерофитов (Кушка, Казахстан, Урал, Украина). Несколько большее сход-

ство имеет она с эоценовыми флорами Австрии и окрестностей Парижа.

Это предварительное впечатление должно быть проверено находками новых более полных коллекций и тщательной их обработкой.

Далее дается описание нового вида, богато представленного в данной коллекции.

#### Сем. *Maraceae*

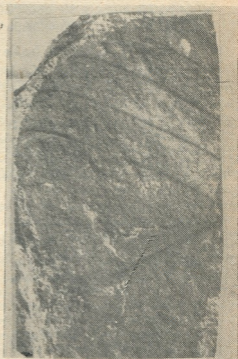
Род *Artocarpidium* Unger. 1850

*Artocarpidium latifolium* Usn. sp. n.

Диагноз. Листья крупные, широкие, цельнокрайние. Основание широко клиновидное. Верхушка коротко заострена. Главная жилка мощная. Боковые жилки в числе 10—16 пар прямые, параллельные, заворачивающиеся вверх у самого края.



**Описание.** В коллекции имеется более десяти отпечатков крупных листьев, относимых нами к данному виду. Нет ни одного полного листа, по сохранившимся остаткам можно сказать, что лист был округлый либо ромбический, с широким ровным или широко клиновидным основанием и коротко насаженной острой верхушкой. Лист наиболее широк в верхней либо в средней части. Длина 10—18 см, ширина 8—16 см, соотношение ширины к длине примерно 4/5. Цельнокрайний, кожистый. Главная жилка очень мощная, у основания достигает 3 мм, к верхушке постепенно утоняется. Боковые жилки тоже мощные, прямые, параллельные и доходят почти до самого края. На образце, изображенном на фиг. 2, видно, как боковые жилки заворачивают вверх у самого края, следуя на некотором расстоянии вдоль него. Угол отхода боковых жилок 70—85°. Расстояние между боковыми жилками примерно 1—1,5 см, в зависимости от величины листовой пластинки. Боковых жилок 10—16 пар. Более мелкая нервация не видна.



Фиг. 2

**Сравнение.** Отпечатки листьев *Artocarpidium* известны из эоцена окрестностей Парижа. Описываемые листья отличаются от парижских образцов широкой формой листовой пластинки.

**Распространение.** Род известен из эоцена Австрии и Франции (окрестности Парижа). Современный род *Artocarpus*, приводимый из понта Кодори (Абхазия), отличается от ископаемого рода брахиодромным типом нервации.

Академия наук Грузинской ССР  
Геологический институт  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 22.7.1966)

ა. უზნაძე

ზოგიერთი მონაცემი ახალციხის მიდამოების ეოცენური  
ფლორის შესახებ

რეზიუმე

ქ. ახალციხის მისადგომებთან, ბორჯომის გზატკეცილიდან 200—300 მ დაცილებით, პატარა მშრალი ღელის—მლაშეხევის (მდ. მტკვრის მარცხენა შენაკადი) კალაპოტში, გაშიშვლებულია ზედა ეოცენური მერგელოვანი ქვიშაქვები, რომლებიც მცენარეთა აღნაბეჭდებს შეიცავენ.

ფლორა წარმოდგენილია ფოთლებისა და ღეროების აღნაბეჭდებით. სულ შესაძლებელი გახდა 10 სახის გამოყოფა, რომელთაგანაც ყველაზე მეტი რაოდენობით გვხვდება *Artocarpidium latifolium* n. sp.-ის დიდი და ფართო ფოთლები.

შრომაში მოცემულია ამ ახალი სახის აღწერა.

ფლორა ხასიათდება ფოთლების დიდი ზომით და ფართო ძარღვებით, რაც მის ტენიან პირობებში არსებობაზე მიუთითებს. ახალციხის ეოცენური ფლორა განსხვავდება უკრაინისა და ყაზახეთის ეოცენური ფლორებისაგან ტენისმოყვარული მცენარეების სიჭარბით.

М. Д. КУПАРАДЗЕ, И. И. ХМАЛАДЗЕ

## НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГИДРОТЕРМАЛИТАХ АДЖАРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

(Представлено академиком Г. С. Дзоценидзе 12. 10. 1966)

Аджарский рудный район расположен в пределах Аджаро-Триалетской металлогенической зоны и известен медно-полиметаллическими и серноколчеданными рудными комплексами, размещенными в среднеэоценовых вулканогенных образованиях. Последние прорваны небольшими интрузиями, характеризующимися пестрым петрографическим составом от кварцевого сиенита до габбро [1]. Вулканогенные образования представлены туфами, туфобрекчиями, туфолавами и лавовыми покровами преимущественно среднего состава. Вследствие разнообразных наложенных процессов (окварцование, серицитизация, хлоритизация и др.), имеющих, по-видимому, региональное значение, первичные породы сильно видоизменены [2].

В последнее время в измененных породах Аджарского рудного района был обнаружен минерал алунит [3, 4], заслуживающий особого внимания как в научном, так и в практическом отношении.

В настоящей статье, в которой приводятся результаты изучения гидротермалитов Аджарского рудного района (на участках Гома и Учампо), кроме алунита, описываются впервые установленные нами диаспор и каолиновый минерал накрит.

Гидротермально измененные породы на изученных нами участках представлены кремнистыми, глинистыми, алунитовыми и диаспоровыми образованиями. В их составе принимает участие один или несколько из нижеперечисленных минералов: кварц, каолиновые минералы, алунит и диаспор. В подчиненном количестве отмечается присутствие галуазита, серицита, барита, пирита и рутила.

Алунит является характерным минералом вторичных кварцитов. В Аджарском рудном районе он наблюдается в парагенезисе с кварцем и каолиновым минералом, с примесями пирита и рутила.

В большинстве случаев алунит образует призматические, удлиненно-ромбовидные, треугольные или копьевидные кристаллы (рис. 1), достигающие 0,2 мм, наблюдается спайность, погасание прямое. Показатель преломления этих кристаллов следующий:  $n_p=1,583$ ;  $n_g=1,595$ ;  $n_g-n_p=0,012$ <sup>1</sup>. В некоторых образцах встречаются изометричные, четырехугольные, квадратные или ромбовидные кристаллы (рис. 2) алунита. Их показатель преломления несколько больше:  $n_p=1,588$ ;  $n_g=1,603$ ;  $n_g-n_p=0,015$ .

<sup>1</sup> Впредь надо учитывать, что точность наших определений порядка  $\pm 0,003$ .

По мнению И. П. Аверьянова [5], призматические кристаллы алуни́та в измененных породах о-ва Парамушир (Курильские о-ва)

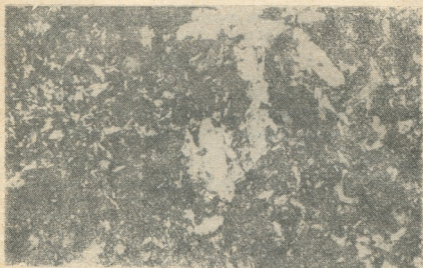


Рис. 1. Ник. +, ув. 90

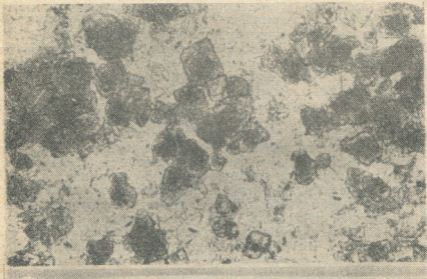


Рис. 2. Ник. +, ув. 90

образованы из умеренно кислого сульфатно-хлоридного раствора в более глубоких условиях, нежели квадратные кристаллы алуни́та, описанные С. Н. Набоко [6] с того же острова. Последние кристал-

лизуются в поверхностных условиях (до глубины 10—15 м) из ультракислой паро-газовой фазы.

Таблица 1

Образцы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	влага	п.п.п.	Сумма
Образец (11)	53,23	0,30	21,50	0,50	0,20	0,35	0,30	1,59	1,79	0,23	16,03	0,03	4,26	100,51
Алунит [4]	—	—	37,00	1,30	0,90	—	—	5,21	1,94	0,66	39,10	0,64	13,10	99,85
Образец (19)	26,78	0,80	56,85	0,42	0,08	0,36	0,34	—	—	0,53	1,94	0,21	11,54	99,95
Образец (15)	44,48	—	39,11	0,55	—	1,23	0,72	—	—	—	—	—	14,06	100,15
Диккит [4]	42,12	0,86	39,50	1,20	—	0,31	0,14	0,12	0,05	0,74	—	0,28	14,56	99,89

Аналитики: образец 15—Н. Антадзе, образцы 11 и 19—В. Кобиашвили, диккит—А. Джалишвили, алунит—Б. Нижарадзе.

В табл. 1 приводится химический анализ алунитовой породы (образец 11) с содержанием алунита около 50%. В некоторых образцах содержание алунита достигает приблизительно 60—70%.

В. Д. Гуниава в Аджарском рудном районе описана натриевая разновидность алунита (химический анализ приводится в табл. 1) с соотношением Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O, равным 4,2 и зависящим от состава первичных пород, где Na<sub>2</sub>O преобладает над K<sub>2</sub>O в среднем в 2,5 раза.

Таблица 2

№ образца	Na <sub>2</sub> O вес. %	K <sub>2</sub> O вес. %	Na <sub>2</sub> O : K <sub>2</sub> O
5	3,20	2,10	2,3
6	1,00	1,00	1,4
7	0,52	0,73	1,1
9	0,50	0,40	2,0
11	1,59	1,79	1,3
12	0,50	Следы	—
13	1,20	0,50	3,8
14	1,40	0,25	9,2
16	1,77	0,70	3,5
21	1,17	0,63	2,9
24	0,45	Следы	—

Аналитик Н. Антадзе.

В табл. 2 приводятся соотношения Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O в изученных нами алунитовых породах. Эти соотношения изменчивы, но в большинстве случаев Na<sub>2</sub>O преобладает над K<sub>2</sub>O. Приведенные данные говорят о закономерности, выявленной Н. И. Наконником [7], о натриевом характере алунита, образованного в породах средней основности.

На дифференциальной кривой<sup>1</sup> нагревания алунитовой породы (рис. 3, образец 11) устанавливаются две эндотермические реакции с пиками 575 и 820°C. Дополнительная небольшая экзотермическая реакция с максимумом около 750°C обусловлена наличием механических примесей или же хорошей окристаллизованностью алуниита.

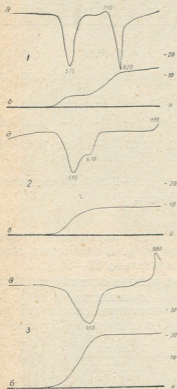


Рис. 3. Дифференциальные кривые нагревания (а) и потери веса (б). 1—Образец 11, алунитовая порода (навеска 73,5 мг, продолжительность нагрева 58 минут); 2—образец 19, диаспоровая порода (навеска 73 мг, продолжительность нагрева 60 минут); 3—образец 15, накрит (навеска 158,4 мг, продолжительность нагрева 57 минут)

Дебайанализ алунитовой породы (табл. 3, образец 11) позволяет выделить алунитовую фазу, идентичную эталонному образцу алуниита. Остальные линии совпадают с линиями каолинита и кварца.

Диаспор, являющийся характерным минералом для парагенезиса боксита, гидраргиллита, бемита и гидроокислов железа, нередко отмечается в контактово-метасоматических и гидротермальных месторождениях.

Диаспоровые породы в гидротермалитах Аджарского рудного района пользуются небольшим распространением, и местами содержание в них диаспора колеблется в пределах 50—80%. Он наблюдается в виде бесцветных, таблитчатых или тонкопластинчатых кристаллов (рис. 4), размер которых не превышает 0,4 мм. Пространство между ними заполнено мелкозернистым, бесцветным, местами буроватым глини-

<sup>1</sup> Термовесовые исследования выполнены Д. Е. Черемашвили (Геологический институт АН СССР). Термовесовая установка АТБВУ-5, эталон  $Al_2O_3$ .

тым минералом, с показателем преломления 1,554, иногда присутствующим кварц и в незначительном количестве алунит. Оптические константы диаспора следующие:  $2v=85^\circ$ ;  $N_p=1,690$ ,  $N_g=1,736$ ;  $N_g-N_p=0,046$ .

Таблица 3

№ п/п	Образец 11 Алуни- тая по- рода		Алунит [8]		№ п/п	Образец 11 Алуни- тая по- рода		Алунит [8]		№ п/п	Образец 11 Алуни- тая по- рода		Алунит [8]	
	$d \frac{\alpha}{n}$	$\gamma$	$d \frac{\alpha}{n}$	$\gamma$		$d \frac{\alpha}{n}$	$\gamma$	$d \frac{\alpha}{n}$	$\gamma$		$d \frac{\alpha}{n}$	$\gamma$	$d \frac{\alpha}{n}$	$\gamma$
1	4,903	3	4,901	7	15	1,8230	9			29	1,2237	3		
2	4,235	4			16	1,7506	5			30	1,1991	8	1,197	3
3	3,580	4			17	1,7062	1			31	1,1772	8		
4	3,313	10			18	1,6635	1	1,659	1	32	1,1585	1		
5	2,970	10	2,970	10	19	1,6390	9	1,629	8	33	1,1494	4	1,146	6
6	2,858	3	2,833	3	20	1,5189	2	1,518	1	34	1,1360	2	1,135	6
7	2,538	1			21	1,4758	6	1,489	9	35	1,1242	1	1,120	1
8	2,456	7			22	1,4494	1	1,454	1	36	1,0796	9	1,079	1
9	2,381	1			23	1,4164	3	1,418	6	37	1,06	2		
10	2,26	8	2,267	9	24	1,3820	10	1,382	8	38	1,05	2	1,053	5
11	2,1261	2			25	1,3203	2	1,327	1	39	1,037	2	1,041	2
12	2,0050	2	2,007	1	26	1,3008	1	1,314	3	40	1,029	4	1,037	8
13	1,9669	2			27	1,2803	4	1,283	10	41	1,021	1		
14	1,8950	8	1,891	10	28	1,2518	5	1,254	2	42	1,010	5		

Аналитик Е. Амирханова.

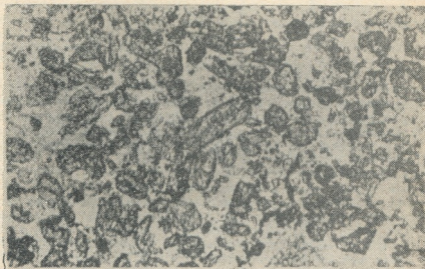


Рис. 4. Ник. +, ув. 90

В табл. 1 приводится химический анализ диаспоровой породы (образец 19). Дифференциальная кривая нагревания диаспоровой

породы (рис. 3, образец 19), наряду с максимумом диаспоровой реакции (дегидратации) при 595°C, характеризуется эндотермической (670°C) и экзотермической (около 1000°C) остановками, соответствующими глинистым минералам.

Таблица 4

№ п/п	Образец 19 Диаспоровая порода		Диаспор [8]		№ п/п	Образец 19 Диаспоровая порода		Диаспор [8]		№ п/п	Образец 19 Диаспоровая порода		Диаспор [8]				
	d	$\frac{\alpha}{n}$	y	d		$\frac{\alpha}{n}$	y	d	$\frac{\alpha}{n}$		y	d	$\frac{\alpha}{n}$	y	d	$\frac{\alpha}{n}$	y
	1	7,88		8			17	1,802	1		1,792	2	33	1,217	2	1,211	2
2	7,126		10		18	1,713	4	1,707	4	34	1,204	4	1,201	4			
3	4,383	2	4,399	4	19	1,674	2	1,673	2	35	1,172	4	1,171	4			
4	3,974	6	3,988	6	20	1,630	10	1,630	10	36	1,139	2	1,144	2			
5	3,556	10			21	1,594	3	1,605	3	37	1,1088	3					
6	3,221	1	3,249	1	22	1,561	2	1,567	2	38	1,093	8					
7	2,930	7			23	1,480	8	1,477	8	39	1,070	5					
8	2,791	3			24	1,448	1			40	1,061	2					
9	2,551	6	2,554	6	25	1,420	3	1,426	3	41	1,0376	2					
10	2,325	6	2,313	6	26	1,390	3			42	1,0096	2					
11	2,183	2			27	1,369	6	1,372	6	43	1,001	5					
12	2,102	8	2,072	8	28	1,326	2	1,325	2	44	0,996	3					
13	2,063	8			29	1,302	2	1,300	3	45	0,9910	7					
14	1,975	4			30	1,284	3	1,283	3								
15	1,887	1	1,887	1	31	1,254	2										
16	1,851	1			32	1,236	2	1,240	2								

Аналитик Е. Амирханова.

Фазовым дебайанализом доказано присутствие фазы диаспора в образце 19 (табл. 4). Кроме диаспора, в этой породе присутствуют также каолинит и галлуазит.

Накрит — самый редкий представитель каолиновых минералов. В Аджарском рудном районе он образует почти мономинеральные (количество примесей около 3%) гебольшие линзообразные участки. Макроскопически это белое, плотное, на ощупь жирное образование. Под микроскопом представлен мелкокристаллическим агрегатом. Показатель преломления 1,566. Химический анализ накрита (образец 15) приводится в табл. 1 (для сравнения приводится также химический анализ диккита Аджарского рудного района).

В табл. 5 приводятся рентгеноструктурные данные<sup>(1)</sup> исследуемого минерала (образец 15) и для сравнения эталонного образца накрита. Как видно из таблицы, значения большинства линий, в том числе высокой интенсивности, сходны. Для накрита характерной является линия высокой интенсивности с  $d=2,42\text{Å}$ . В отличие от дикки-

(1) Исследование образца 15 выполнено Р. А. Ахведиани (Геологический институт АН ГССР). Режим съемки: установка УРС-55а, диаметр камеры 57,3 мм, диаметр образца 0,48 мм; напряжение 40 кВ; сила тока 10 мА; излучение Fe, поправка вводилась по особому снимку с NaCl.





та, в его рентнограмме не наблюдаются линии с  $d=3,79\text{Å}$  и  $d=3,95\text{Å}$  [9].

На рис. 3 представлена дифференциальная кривая нагревания минерала (образец 15), характеризующаяся температурным пиком эндотермического эффекта около  $660^\circ$  и экзотермического эффекта около  $980^\circ$ .

Таблица 5

№ п/п	Образец 15 Накрит		Накрит [10]		№ п/п	Образец 15 Накрит		Накрит [10]	
	$\frac{\alpha}{d}$	$\gamma$	$\frac{\alpha}{d}$	$\gamma$		$\frac{\alpha}{d}$	$\gamma$	$\frac{\alpha}{d}$	$\gamma$
1	7,2474	10 <sup>m</sup>	7,23	10	15	1,7457	2	1,735	1
2	4,8833	3 <sup>p</sup>			16	1,6689	2 <sup>p</sup>	1,685	2
3	4,4177	5 <sup>p</sup>	4,38	8	17	1,6326	3 <sup>p</sup>	1,619	2 <sup>m</sup>
4	4,1083	4	4,12	6	18	1,6004	1 <sup>m</sup>	1,584	1 <sup>m</sup>
5	3,5855	10 <sup>p</sup>	3,59	9	19	1,4835	10 <sup>m</sup>	1,489	9
6	2,6511	2	2,59	2	20	1,4542	8 <sup>p</sup>	1,463	5
7	2,5244	3	2,52	4	21	1,3602	4 <sup>p</sup>	1,369	4
8	2,4236	10 <sup>m</sup>	2,43	6	22	1,3124	5	1,312	1
9	2,3189	3	2,29	1	23	1,2816	2 <sup>p</sup>	1,283	2
10	2,2037	2 <sup>p</sup>	2,26	1	24	1,2626	5 <sup>p</sup>	1,268	5
11	2,0879	4 <sup>m</sup>	2,09	2 <sup>m</sup>	25	1,2340	4 <sup>p</sup>	1,237	2 <sup>m</sup>
12	1,9654	1 <sup>p</sup>	1,95	2	26	1,2072	2	1,210	2
13	1,9061	3 <sup>p</sup>	1,897	1	27	1,1918	2 <sup>p</sup>	1,195	2
14	1,7911	2 <sup>p</sup>	1,800	1					

По минеральным ассоциациям описанные нами измененные породы относятся к диаспоровой, алунитовой и каолинитовой фашиям, характерным для вторичных кварцитов. Возникновение этих образований происходит преимущественно из кислых термальных растворов на небольшой глубине.

На кислотность воздействующих растворов в первую очередь указывает алунит, который, согласно многочисленным геологическим наблюдениям и экспериментальным данным, является минералом кислой среды. Однако допускается также образование алунита из нейтральных растворов в парагенезисе с серицитом и пеннинном, чего в изучаемом нами районе не наблюдается. Рядом исследователей доказывается низкотемпературный характер этого минерала, образованного в приповерхностных или гипабиссальных условиях.

Проведенные нами исследования гидротермалитов нужно считать предварительными, публикация же их результатов, по нашему мнению, должна заострить внимание на данных вопросах при дальнейшем изучении этого интересного рудного района.

Академия наук Грузинской ССР  
Геологический институт

(Поступило в редакцию 12.10.1966)

გ. შუზარაძე, ირ. ხმალაძე

### ზოგიერთი ახალი მონაცემები აჭარის მადნიანი რაიონის ჰიდროთერმალიტების შესახებ

რეზიუმე

აჭარის მადნიანი რაიონის შეცვლილ ქანებში უკანასკნელ წლებში აღმოჩენილ იქნა მინერალი ალუნიტი; ალუნიტის შემცველი ქანების მძლავრი გამოსავლები გვხვდება მდ. დიდელის ხეობაში (დომა), აგრეთვე უჩამბოს უბანზე. გარდა ალუნიტისა, ჩვენ მიერ აღწერილ შეცვლილ ქანებში ყურადღებას იპყრობს ამ რაიონისათვის პირველად აღწერილი დიასპორი და კაოლინიტის ჯგუფის მინერალი, რომელიც ჩატარებული კვლევების საფუძველზე ნაყრიტს მიეკუთვნება. დასახელებულ უბნებზე შეცვლილი წარმონაქმნები ძირითადად წარმოდგენილია კაქმიწიანი, თიხიანი, ალუნიტიანი და დიასპორიანი ქანებით, რომლებიც შემდეგი მინერალებისაგან შედგებიან: კვარცი, კაოლინიტი, დიკიტი, ნაყრიტი, ალუნიტი, ჰალუაზიტი, სერიციტი, დიასპორი, ბარიტი, პირიტი და რუტილი. მოცემულია ამ ქანებისა და მინერალების პეტროგრაფიული, ქიმიური, რენტგენოსტრუქტურული და თერმოწონითი დახასიათება.

მინერალური ასოციაციებით ხერხდება მეორადი კვარციტებისათვის დამახასიათებელი დიასპორიანი, ალუნიტიანი და კაოლინიტიანი ფაციესების გამოყოფა. აღწერილი ქანების წარმოქმნა მიმდინარეობს უმთავრესად მჟავე თერმული ხსნარების ზემოქმედებით მცირე სიღრმეებზე.

#### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Р. Надирадзе. К металлогенической характеристике Аджаро-Триалетской складчатой системы. Труды ГПИ, Геол. сб., № 8 (56), 1957.
2. Г. С. Дзоценидзе. Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Труды Ин-та геол. и минер. АН СССР, монографии, № 1, 1948.
3. Д. И. Купарадзе, П. В. Цилосани. Отчет Аджарской ГПП, ГГУ, 1965.
4. В. Д. Гуниава. К минералогии «вторичных кварцитов» Аджарского рудного района. Труды КИМСа, сер. геол., вып. VI (8), 1965.
5. И. П. Аверьянов. Об алуните измененных пород хребта Вернадского на о-ве Парамушир (Курильские о-ва). Геология рудных месторождений, № 2, 1965.
6. С. И. Набоко. Вулканические эксгаляции и продукты их реакций. Труды Лаборатории вулканологии, вып. 16, 1959.
7. Е. И. Наковник. Алунит, его типы и связь с боковыми породами рудными жилами. Зап. Всесоюз. минер. о-ва, в. I, 1948.
8. В. И. Михеев. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, 1957.
9. Г. В. Бриндли. Каолиновые, серпентиновые и родственные им минералы. В сб.: «Рентгеновские методы изучения и структуры глинистых минералов», 1965.
10. В. И. Михеев, Э. П. Сальдау. Рентгенометрический определитель минералов, т. II. Изд. «Недра», 1965.

Н. П. ДЖАНЕЛИДЗЕ

НОВЫЙ ВИД РОДА *PARADACNA*  
ИЗ ПЛИОЦЕНА ЭВКСИНСКОГО БАССЕЙНА

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 24.6.1966)

В статье описывается новый вид рода *Paradacna* из киммерийских отложений Абхазии. В связи с этим рассматриваются некоторые стороны вопросов эволюции рода *Paradacna* в целом (в Эвксинском бассейне) и в частности описываемого вида: вопросов экогенеза, филэмбриогенеза (филонтогенеза), изменчивости и видообразования.

*Paradacna abchasica* sp. nov. N. Djanelidzé

Рис. 1—3

Голотип. № 2/2001, Институт палеобиологии АН ГССР. Абхазия, берег Черного моря между реками Амбра и Джиджуар, киммерийские слои.

Диагноз. Раковина от небольшой до средней величины, овально-трапециевидная, относительно толстостенная, сильно выпуклая. На переднем поле 10—12 сравнительно узких и невысоких ребер, разделенных широкими пологовогнутыми промежутками, на заднем поле следы 2—3 ребер. Раковина покрыта 4—6 концентрическими ребрами. Замок беззубый.

Описание. Раковина от небольшой до средней величины, овально-трапециевидная, в значительной мере неравносторонняя, относительно толстостенная, сильно выпуклая, реже вздутая. Неравносторонность увеличивается с ростом раковины. Степень выпуклости не зависит от величины створок: более вздутыми бывают промежуточные по величине экземпляры. Замочный край наклонен в сторону переднего края. Длина задней ветви замочного края втрое больше длины передней ветви. Передний и задний края дуговидны, причем задний примерно вдвое больше переднего края и более выпуклый, чем последний. Переход в верхний край у переднего края угловатый, тогда как у заднего края плавный, дугообразный. Нижний край слабо выпуклый, почти прямолинейный.

Макушки значительно перемещенные вперед, низкие, но относительно широкие. Килевой перегиб отчетлив почти по всей длине, но на макушке обозначается сравнительно более резко. По килевому перегибу прослеживается отчетливое ребро. Переднее поле примерно вдвое шире заднего поля, которое по высоте створки слабо расширено и параллельно килю несколько вогнуто.

На переднем поле 10—12 узких, невысоких, округло-угловатых ребер. Ребра разделяются широкими и пологовогнутыми промежутками. Ширина и высота ребер возрастает в направлении кила. Параллельно отмечается некоторое увеличение ширины межреберных промежутков.

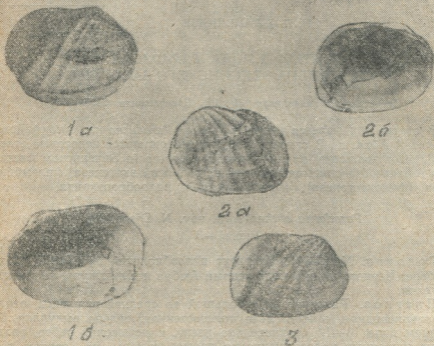


Рис. 1—3. *Paradacna abchasica* sp. nov. (x 1,1). 1 а—правая створка снаружи; 1 б—та же створка изнутри. Голотип № 2/2001, Институт палеобиологии АН ГССР. Абхазия, киммерийские слои между реками Амбра и Джилжуар. 2 а—левая створка снаружи; 2 б—та же створка изнутри. Паратип. То же местонахождение. 3—правая створка снаружи. Паратип. То же местонахождение

Кроме радиальных ребер, имеются концентрические ребра числом 4—6 и редко до 8. Они образованы более резкими и утолщенными линиями нарастания, так что створки в поперечном разрезе имеют вид черепичной кладки. Каждое концентрическое ребро у своего края отгибается вверх, образуя вдоль края неглубокий желоб; степень отчетливости и ясности этих желобов увеличивается в направлении нижнего края створок. Между концентрическими ребрами наблюдаются линии нарастания, которые более грубы, чем на примакушечном пространстве (от макушки до первого концентрического ребра). В этой части створок

радиальные ребра более узкие, относительно высокие и более заострены, чем в нижней части.

Узкая замочная пластинка протягивается от макушки до переднего края створки; она продольно заштрихована и не несет зубов. Лунка и щиток не выражены. Лигаментная пластинка узкая, тонкая и протягивается почти по всей длине задней ветви замочного края.

На внутренней поверхности наружные ребра отражаются в виде пологих бороздок, часть которых достигает подмакшечного пространства; у края створки внутренние бороздки более или менее сглаживаются. Отпечатки мускулов замыкателей четырехгранные: передний отпечаток вдавленный, задний всегда больше переднего и более поверхностный. Мантийная линия отчетливая, цельная.

Размеры в мм

Длина (а)	Высота (б)	Выпуклость (с)	Отношения	
			б:а	с:б
36,00	25,00	10,60	0,69	0,42 (?)
30,90	25,10	10,00	0,80	0,40
26,90	21,60	11,30	0,80	0,52
26,80	20,30	8,50	0,76	0,41
21,60	16,40	7,50	0,76	0,45
21,30	16,40	7,40	0,75	0,45

Изменчивость. Вид, в общем, весьма изменчив. Отмечается колебание величины створок от небольшой (длина 20 мм) до средней (длина до 40 мм). Отношение выпуклости к высоте также изменчиво (от 0,40 до 0,52). Число и характер радиальных ребер сравнительно постоянно — 10—12, изредка 9—13. Число концентрических ребер, напротив, непостоянно; оно колеблется в широких пределах—от 4 (изредка 2—3) до 8, хотя в подавляющем большинстве случаев равно 4—6. Кроме того, изменяется и сам характер концентрической ребристости: редко наблюдаются экземпляры, на которых промежутки между концентрическими ребрами по ширине были бы равны друг другу; как правило, отмечается уменьшение ширины межреберных полосок к нижнему краю створок; однако встречаются экземпляры, на которых ширина этих полосок не изменяется или почти не изменяется по высоте створок; замечается, что ширина межреберных промежутков одной особи не равняется ширине таковых другой особи, даже равной первой по своим абсолютным размерам. Для нового вида характерно нахождение первого концентрического ребра вблизи макушки; поэтому ниже первого концентрического ребра находится обычно не более 9/10 и не менее 2/3 частей створок.

Возрастные изменения. Изученный материал дает основание заметить некоторые изменения, связанные с ростом раковины. В начале замечается рост и увеличение размеров раковины в длину, далее—в высоту. Это видно и из приведенной выше таблицы измерений: отношение высоты створок к длине, в общем, хотя и не в широких пределах, увеличивается от небольших особей к более крупным. Затем

замечено, что параллельно возрастает степень неравносторонности раковин. На небольших створках отношение длины передней ветви замочного края к длине задней ветви равно примерно 0,50, а на более крупных экземплярах — 0,30—0,35. В связи с отмеченными изменениями увеличивается угол наклона верхнего края створки по отношению к нижнему краю: в начале роста эти края почти параллельны, на взрослых же экземплярах значительно расходятся.

Общие замечания. Представители рода *Paradacna* проникли в Эвксинский бассейн в начале раннего понта, при гето-паннонской иммиграции [1]. Первые *Paradacna abichi* R. Hoern. встречаются в относительно глубоководных отложениях послеевпаторийского времени. В отложениях моложе киммерийских представители рода пока не известны [1, 2, 3]. После раннего понта и до куяльника род *Paradacna* претерпевает значительную эволюцию. В верхнем понте возникают три новые формы, в киммерии — четыре. Процесс эволюции рода *Paradacna* происходит в тесной связи с изменением условий среды обитания. Определенное воздействие на ход видообразования оказывает, видимо, биологический фактор — конкуренция видов других родов, экологически близких с рассматриваемым. При прослеживании развития рода в Эвксинском бассейне в продолжение плиоцена замечается экогенетическая экспансия парадакн от относительно глубоководных местообитаний неритовой зоны к местообитаниям литорали. Так, согласно исследованиям А. Г. Эберзина [2], «глубоководными» являются *Paradacna abichi* и ее дериваты, затем *P. andrussowi* и *P. deformis*; обитателями же тихого мелководья — *P. retowskii* и *P. stratonis*.

Филогенетические отношения в пределах рода *Paradacna* пока что не установлены с одинаковой степенью точности для всех ее представителей. Более ясно намечается филогенетическая линия *P. abichi* — *P. abichi latior* — *P. deformis*. Новый вид относится, по-видимому, к той же филогенетической ветви и, в частности, к ее крайнему звену. Не исключено его происхождение от *P. abichi latior* Andrus.

Морфологические особенности строения раковин нового вида — толстостенность, наличие концентрических ребер, придающих раковине вид суперфетированной — указывают на то, что в процессе экогенеза организм приспособлялся к более прибрежным местообитаниям, где грунты были более грубые (песчаники, конгломераты), а водная среда более подвижной; эти изменения в строении раковин были для организмов адаптивными к новым условиям среды.

В приобретении признака некоторой толстостенности раковины, кроме благоприятных температурных условий, определенную роль могло сыграть понижение солености вод, обмеление данного участка и, следовательно, некоторое насыщение углекислой известью вод бассейна. Содержание карбоната кальция в водах возрастает от морских бассейнов к солоноватоводным и опресненным [4]. В литературе приводятся примеры прямой зависимости количества углекислой извести раковин моллюсков от количества углекислой извести в биотопах (грунтах и водной среде) [5].

Концентрические ребра, развитые почти по всей высоте створок, от макушки до нижнего края,—признак, который в филогенезе проявляется раньше (*P. abichi latior*, *P. deformis*), но на конечных стадиях процесса роста организмов, тогда как у описываемого вида этот признак начинает развиваться на значительно более ранних стадиях.

Географическое распространение. Абхазия.

Геологический возраст. Плиоцен, киммерийский ярус, понт?

Количество экземпляров. Около двух десятков створок.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт палеобиологии  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 24.6.1966)

ბალეოზოოლოგია

ბ. ჯანელიძე

გვარ *PARADACNA*-ს ახალი სახეობა ევქსინური აუზის  
პლიოცენიდან

რ ე ზ ი უ მ ე

*Paradacna abchasicsa* sp. nov. (აფხაზეთი, კიმერიული ნალექები) ხასიათდება შედარებითი სქელკედლიანობით და 4—6 კონცენტრული წიბოთი, რომლებიც აღინიშნება საგდულის მთელ სიმაღლეზე, თხემიდან ქვედა კიდემდე.

კონცენტრული წიბოები *Paradacna*-ს ფილოგენეზში ვლინდება უფრო ადრე (*Paradacna abichi latior*, *P. deformis*), მაგრამ ორგანიზმების ზრდის პროცესის ბოლო სტადიებზე, მაშინ როდესაც აღწერილ სახეობას ეს ნიშანი უვითარდება უფრო ადრეულ სტადიებზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Эберзин. Моллюски Тез. докл. второго совещ. по изучению моллюсков. М.—Л., 1965.
2. А. Г. Эберзин. Солоноватые водные кардииды плиоцена СССР, ч. II. Труды ПИН АН СССР, т. XXXI, 1951.
3. Л. Ш. Давиташвили. Обзор моллюсков третичных и послетретичных отложений Крымско-Кавказской нефтеносной провинции. Л.—М., 1933.
4. Н. П. Наумов. Экология животных. М., 1955.
5. В. А. Догель. Сравнительная анатомия беспозвоночных, ч. I., 1938.

И. Ш. ЦИЦАДЗЕ, Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР)

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СТАЛЯХ

Ультразвуковые колебания дают возможность воздействовать на различные процессы термической обработки и изменять качество получаемого продукта [1]. С этой точки зрения весьма мало изучен механизм воздействия ультразвуковых колебаний на процесс изотермической закали.

Мы задались целью исследовать влияние ультразвуковых колебаний на процесс превращения переохлажденного аустенита двух промышленных сталей — 30ХГСА и 30ХГСНА с построением для них С-диаграмм. Химический состав изучаемых сталей приводится в таблице.

Марка стали	Содержание элементов						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
30ХГСА	0,32	0,98	1,01	1,00	—	0,026	0,028
30ХГСНА	0,31	1,23	1,03	1,06	1,51	0,024	0,03

Применяемый источник ультразвуковых колебаний имел выходную мощность 50 вт, частоту 20 кгц, амплитуду 0,025 мм.

Подбор длины образца был ограничен длиной возбуждаемой стоячей волны и возможностями магнитометра. Длина применяемого образца превышала четверть длины волны с тем расчетом, чтобы плоскость узла волны находилась внутри образца. Это давало возможность наблюдать изменение строения и свойств озвученного материала образца вдоль стоячей волны в зависимости от амплитуды в разных сечениях образца. Колебания от ультразвукового концентратора передавались образцу методом контакта. В месте контакта наблюдалась потеря мощности. Образец был зажат между торцом концентратора и дном ванны, и, следовательно, волна имела выход за образец.

Кинетику изотермического распада переохлажденного аустенита изучали на магнитометре специальной конструкции. С помощью магнитометра точно определяли моменты начала и конца превращения. Промежуточные количества магнитной фазы фиксировали по показаниям гальванометра через определенные промежутки времени. Специальным графиком было установлено соответствие между показаниями гальванометра и количеством магнитной фазы.

Образец длиной 80 мм и диаметром 9 мм нагревали в соляной ванне состава 50% NaCl и 50% KCl. В процессе работы ванна раскисля-





лась древесным углем. Температура ауستنизации для стали принималась равной  $900^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}$ ; выдержка в ванне 10 минут. После выдержки образцы быстро переохлаждались до определенной субкритической температуры. Важно, чтобы во время охлаждения образцов от температуры нагрева до температуры изотермической выдержки не происходило заметного распада аустенита. Поэтому охлаждение образцов должно происходить быстро. В исследованиях это достигалось применением соляных ванн следующих составов:

для температур  $150-500^{\circ}\text{C}$ —55%  $\text{KNO}_3$ +45%  $\text{NaNO}_2$ ,  
для температур  $500-700^{\circ}\text{C}$ —84%  $\text{NaNO}_3$ +16%  $\text{NaCl}$ .

Температуру ванны контролировали термопарой. Для создания равномерной температуры содержимое ванны перемешивалось механической мешалкой. Кроме того, на специальных образцах термопарой определяли время, необходимое для охлаждения образца от температуры нагрева до температуры изотермы, которое вычитали из общего времени превращения.

Процесс изотермического превращения изучали в интервале температур  $200-700^{\circ}\text{C}$  через каждые  $25-50^{\circ}$ . Образец выдерживали в ванне практически до полного превращения.

Для доказательства сохранения постоянной температуры изотермы в процессе наложения ультразвука в разных местах отдельного образца по длине и на разной глубине монтировали термопары и контролировали перепад температуры по длине и сечению образца. Перепад находился в пределах допустимого.

На основании отличающихся высокой стабильностью данных, вычисленных в среднем на 10—12 образцах на каждую температуру изотермы, построены диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита с введением ультразвука и без него для обеих изучаемых сталей [2—4].

Если провести сравнительное рассмотрение С-диаграмм стали 30ХГСА (рис. 1) и стали 30ХГСНА (рис. 2), можно увидеть, что влияние ультразвука на процесс превращения неодинаково и зависит от температуры и химического состава стали.

Судя по С-диаграмме стали 30ХГСА в перлитной зоне и в зоне верхнего бейнита, влияние ультразвука выражается в ускорении процесса с уменьшением инкубационного времени и времени превращения. В зоне мартенситного превращения ультразвук, наоборот, вызывает замедление процесса.

Рассматривая С-диаграмму стали 30ХГСНА, мы наблюдаем обратную картину. В перлитной зоне ультразвук вызывает увеличение времени устойчивости переохлажденного аустенита. А ниже  $550^{\circ}\text{C}$  в бейнитной и мартенситной зонах ультразвук ускоряет процесс распада и уменьшает период инкубации. Особенно заметное влияние ультразвука наблюдается в районе верхнего бейнита. На рис. 3 приведена термокинетическая кривая превращения стали 30ХГСНА при  $450^{\circ}\text{C}$ .

Кривые свидетельствуют не только об ускорении процесса, но и о более полном распаде переохлажденного аустенита.

Исследование ряда сталей с различным содержанием хрома, марганца, кремния и т. д. подтвердило, что характерными при воздействии

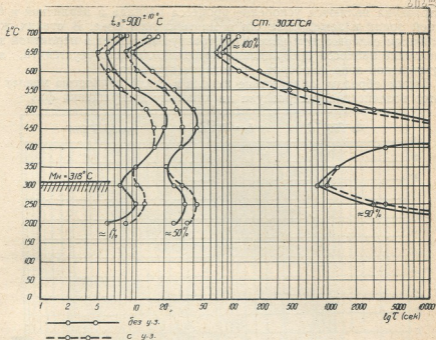


Рис. 1. Диаграмма изотермического распада стали 30XГСА

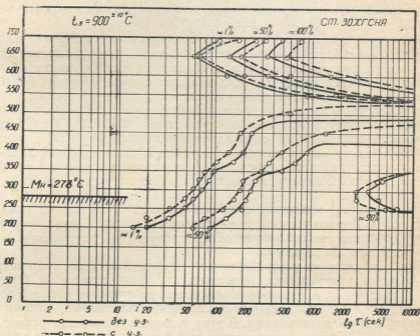


Рис. 2. Диаграмма изотермического распада стали 30XГСНА



ультразвука являются ускорение процесса распада в перлитной и бейнитной зонах и замедление его в мартенситной зоне. В сталях же с различным содержанием никеля ультразвук вызывает в перлитной зоне замедление процесса превращения переохлажденного аустенита, а в мартенситной зоне, наоборот,—ускорение процесса.

Таким образом, присутствие никеля в стали полностью меняет характер воздействия ультразвука на кинетику превращения фаз.

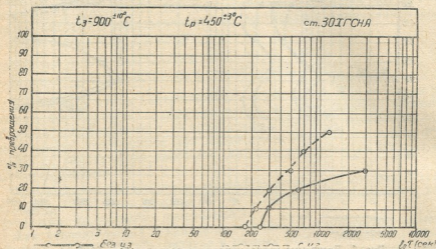


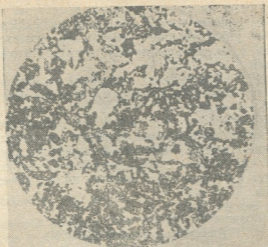
Рис. 3. Термокинетическая кривая превращения аустенита в бейнит (сталь 30ХГСА)

Структура озвученных образцов претерпевает изменение на всех изотермах (рис. 4). В сечении узла получается более дисперсная структура, чем на контрольном образце, следствием чего является незначительное повышение твердости по сравнению с неозвученным образцом. Причем по длине образца распределение твердости зависит от изменения амплитуды: в месте максимальной амплитуды твердость понижена, а в узле, наоборот, незначительно превосходит (30ХГСА) твердость неозвученного контрольного образца или равняется ей [2, 3].

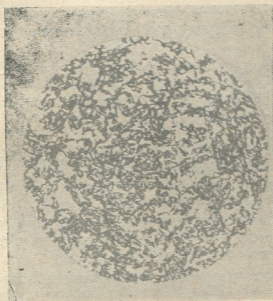
У озвученных образцов величина ударной вязкости превышала значение ударной вязкости неозвученных образцов в среднем на  $2 \div 3$  кгм/см<sup>2</sup>, что характеризует повышение пластических свойств при ударном изгибе.

Как известно, механизм процесса фазовых превращений различен в перлитной, промежуточной и мартенситной зонах. С этих позиций и следует объяснить те закономерности, которые мы установили на вышеприведенных диаграммах.

При возбуждении ультразвуковых колебаний в стали, претерпевающей фазовые превращения, напряжениям, возникающим от температурных градиентов и разницы объемов между старыми и вновь возникающими фазами, добавляются циклические напряжения, вызываемые ультразвуковыми колебаниями. В этих условиях происходит резкое увеличение числа дефектов кристаллической решетки, что, в свою очередь, влияет на подвижность дислокации. Наличие в составе стали никеля от-



а



б

Рис. 4. Изменение микроструктуры при обработке ультразвуком стали 30ХГСА ( $t=450^{\circ}\text{C}$ ): а — без ультразвука,  $\times 800$ . б — с ультразвуком в месте максимальных напряжений,  $\times 800$

ражается на развитии дефектов и закреплении дислокации при фазовых превращениях в поле ультразвуковых колебаний.

#### Выводы

1. Ультразвуковые колебания оказывают различное влияние на фазовые превращения в перлитной, промежуточной и мартенситной зонах.

2. Характер влияния ультразвуковых колебаний на фазовые превращения в стали зависит от химического состава последнего.

3. Наложение ультразвуковых колебаний вызывает более полный распад аустенита, т. е. уменьшение количества остаточного аустенита в закаленной стали.

4. Наложение ультразвуковых колебаний на фазовые превращения вызывает изменение кинетики в сторону ускорения или замедления процесса почти в  $3 \div 4$  раза.

5. Стали, закаленные с одновременным наложением ультразвуковых колебаний, имеют повышенные механические свойства.

6. Сокращение времени термической обработки и повышение механических свойств при закалке с применением ультразвука позволяют использовать его при изотермической закалке цилиндрических деталей небольшого сечения.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт металлургии

(Поступило в редакцию 2.1.1967)

მეტალურგია

О. ЦИЦЦАДЗЕ, Ф. ТАВАДЗЕ (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი)

ულტრაბგერის გავლენა ფაზურ ბარდაქმნებზე ფოლადებში  
 რეზიუმე

შრომში შესწავლილია ულტრაბგერითი რხევების გავლენა 30ХГСА, 30ХГСНА და სხვადასხვა შემადგენლობის ქრომიანი, მარგანეციანი, სილიციუმისანი და ნიკელიანი ფოლადების გადაცივებული აუსტენიტის იზოთერმული დაშლის პროცესზე. აგებულია შესაბამისი C-დიაგრამები ულტრაბგერითი და მის გარეშე.

დადგენილია, რომ ულტრაბგერის გავლენით აუსტენიტის იზოთერმული დაშლა პერლიტის ზონაში ჩქარდება, ხოლო მარტენსიტის ზონაში მიმდინარეობს შენელებულად, თუ ფოლადში არ არის ნიკელი. ნიკელის შეტანა ფოლადში იწვევს ულტრაბგერის გავლენის ხასიათის შეცვლას: პერლიტის ზონაში პროცესი მიმდინარეობს უფრო ნელა, ხოლო მარტენსიტის ზონაში, პირიქით, — აჩქარებულად. ულტრაბგერის ზეგავლენით დაშლილი აუსტენიტის რაოდენობა იზრდება, იზრდება აგრეთვე მექანიკური თვისებები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Погодин-Алексеев, В. С. Миротворский. Применение ультразвука в металлведении и термической обработке металлов. Металловедение и термическая обработка металлов, № 9, 1966.
2. Ф. Н. Тавадзе, И. Ш. Цинцадзе. Влияние ультразвуковых колебаний на кинетику превращения переохлажденного аустенита стали 30ХГСНА. Сборник «Ультразвуковая техника», № 4, 1964.
3. Ф. Н. Тавадзе, И. Ш. Цинцадзе. Влияние ультразвуковых колебаний на кинетику превращения переохлажденного аустенита стали типа «хромансиль». Сборник «Ультразвуковая техника», № 5, 1964.
4. Ф. Н. Тавадзе, И. Ш. Цинцадзе. Влияние ультразвуковых колебаний на превращения некоторых сталей. Тезисы докладов V Тбилисской научно-производственной конференции машиностроителей и приборостроителей, 1964.

Л. Ф. ТАВАДЗЕ

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЯ, МОЛИБДЕНА И МЕДИ НА СТРУКТУРУ,  
 ТВЕРДОСТЬ И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СТАЛИ  
 ОХ18Н20

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 23. I. 1967)

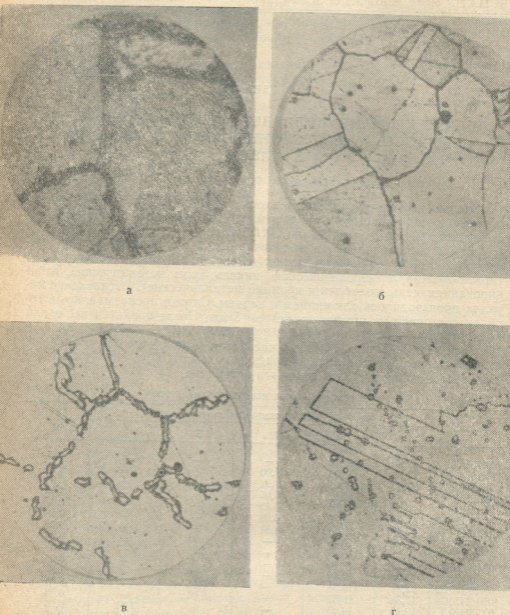
Целью настоящей работы явилось изучение влияния кремния, молибдена и меди на структуру, твердость и коррозионную стойкость аустенитной хромоникелевой стали ОХ18Н20.

Стали выплавлялись в высокочастотной индукционной печи (емкостью 200 г) в корундовых тиглях из чистых шихтовых материалов (армо-железо, электролитический никель, хром металлический, рафинированная медь, молибден и кремний металлические). Раскисление металла производилось алюминием и церием. Слитки прокатывались в горячем состоянии на прутки диаметром 5 мм. После прокатки все стали подвергались ступенчатому отжигу по режиму: 1100°C—5 часов, 900°C—10 часов, 800°C—2 часа, 700°C—1 час, затем охлаждение с печью. После отжига часть образцов закаливалась в воде с 1100°C. Химический состав исследованных сталей приведен в таблице.

Химический состав исследованных сталей

Сплав	Содержание элементов, вес. %					
	Cr	Ni	Mo	Si	Cu	C
ОХ18Н20	17,89	20,43	—	—	—	0,05
ОХ18Н20М	17,63	20,00	1,00	—	—	0,04
ОХ18Н20М2	17,80	19,61	1,91	—	—	0,05
ОХ18Н20М3	17,38	19,82	3,05	—	—	0,05
ОХ18Н20М4	17,63	19,60	3,89	—	—	0,05
ОХ18Н20М5	17,48	19,52	4,98	—	—	0,06
ОХ18Н20М6	17,39	19,60	6,51	—	—	0,05
ОХ18Н20С	17,88	19,58	—	0,94	—	0,06
ОХ18Н20С2	17,80	19,56	—	1,91	—	0,05
ОХ18Н20С3	17,90	19,70	—	2,98	—	0,05
ОХ18Н20С4	17,89	19,54	—	4,00	—	0,04
ОХ18Н20С5	17,71	19,35	—	5,15	—	0,05
ОХ18Н20С6	17,38	19,52	—	6,05	—	0,05
ОХ18Н20Д	17,46	19,90	—	—	1,51	0,05
ОХ18Н20Д2	17,63	19,86	—	—	2,65	0,05
ОХ18Н20Д3	17,38	20,02	—	—	3,41	0,04
ОХ18Н20Д4	17,46	19,82	—	—	5,06	0,04
ОХ18Н20Д6	17,63	19,94	—	—	6,32	0,05

Полирование и травление шлифов производилось как обычным методом (смесью азотной, хлорной и уксусной кислот), так и на приборе „Elypovist“.



в

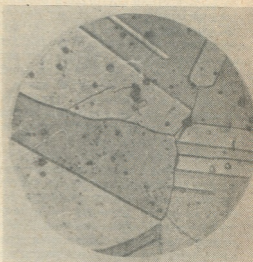
г

Рис. 1. а—Сталь 0X18H20, отожженное состояние,  $\times 600$ . б—сталь 0X18H20C2, отожженное состояние,  $\times 600$ . в—сталь 0X18H20C5, отожженное состояние,  $\times 600$ . г—сталь 0X18H20C6, закаленное состояние,  $\times 600$

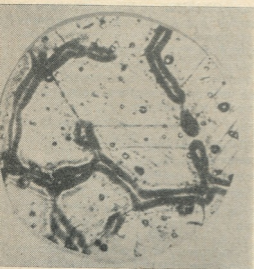
Коррозионные испытания закаленных образцов проводились в 30% серной кислоте при температуре 85°C. Длительность испытания составляла 28 часов.



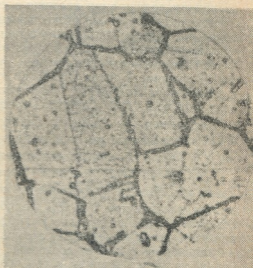
а



б



в



г

Рис. 2. а—Сталь OX18H20M6, отожженное состояние,  $\times 600$ . б—сталь OX18H20M4, закаленное состояние,  $\times 600$ . в—сталь OX18H20M6, закаленное состояние,  $\times 600$ . г—сталь OX18H20Д6, отожженное состояние,  $\times 450$

Исследование микроструктуры сталей типа OX18H20 с различным содержанием кремния, молибдена и меди показывает, что сталь OX18H20 как в отожженном, так и в закаленном состояниях имеет полиэдрическую аустенитную структуру (рис. 1, а). Добавление кремния



до 2,5% к стали OX18H20 в отожженном состоянии несколько размельчает аустенит, но не меняет его однородности (рис. 1, б). Начиная с 3% кремния и выше (рис. 1, в) по границам полиэдров аустенита выделяется вторая фаза, очевидно дельта-феррит [1]. Во всех этих образцах после закалки сохраняется аустенитная структура и выделений второй фазы не наблюдается (рис. 1, г). Молибден изменяет микроструктуру стали OX18H20 почти аналогично кремнию: при введении его до 3% в отожженной структуре сохраняется однородный аустенит, а начиная с 3% по границам полиэдров аустенита появляются мелкие выделения сигма-фазы [2], которые укрупняются с повышением содержания молибдена (рис. 2, а). Эти же сплавы в закаленном состоянии сохраняют аустенитную структуру вплоть до 5% молибдена, а выше 5% начинается выделение сигма-фазы (рис. 2, б, в). Присадка меди вызывает некоторый рост зерна аустенита стали OX18H20. В отожженном состоянии при содержании меди до 3% однородная структура аустенита не меняется. Начиная с 3% по границам полиэдров аустенита образуется тонкая кайма свободной меди, которая утолщается по мере увеличения ее общего содержания (рис. 2, г). В закаленном состоянии растворимость меди повышается и вплоть до 6% не наблюдается выделений.

На рис. 3 приведены результаты измерений твердости стали OX18H20 с различным содержанием кремния, молибдена и меди. С повышением содержания кремния в стали OX18H20 до 2% твердость в отожженном состоянии резко повышается, а для закаленного состояния такое же явление наблюдается при содержании кремния до 3%. Дальнейшее увеличение концентрации этого элемента в названной стали не меняет достигнутой твердости. С увеличением содержания молибдена до 6% твердость стали OX18H20 повышается как в отожженном, так и в закаленном состояниях. Медь также повышает твердость исследуемой стали, но не в такой степени, как кремний и молибден.

Коррозионная стойкость закаленной однородной аустенитной стали OX18H20 в результате дополнительного легирования молибденом, кремнием и медью соответственно изменяется (рис. 4).

Молибден резко улучшает коррозионную стойкость стали при введении его более 1%. Повышение содержания молибдена до 5% не изменяет достигнутой при 2% молибдена высокой коррозионной стойкости аустенита. Присутствие молибдена в аустенитной стали, увеличивая прочность химической связи атомов, резко понижает способность металла переходить в ионное состояние. По-видимому, в изученной матрице стали молибден, наряду с его способностью быстро пассивироваться, до содержания 2% резко, до максимума, увеличивает прочность химической связи и дальнейшее его увеличение практически не оказывает эффективного влияния. Следовательно, в сталь OX18H20 вводить молибден выше 2,5—3% нет необходимости.

Кремний, так же как и молибден, повышает устойчивость пассивного состояния аустенита. Вместе с тем, он способствует возникновению поверхностных соединений, ограничивающих диффузию реагирующего вещества, что приводит к изменению кинетики анодного процесса [3]. Образование пассивирующей пленки на поверхности изученного состава

аустенита начинается уже при низких содержаниях кремния и интенсивно продолжается в условиях повышения его содержания до  $4 \div 4,5\%$ .

Совершенно иначе ведет себя медь. При ее содержании до  $2,5\%$  скорость коррозии повышается, а с  $2,5\%$  и выше, вплоть до  $5\%$ , значительно снижается. Добавка меди в нержавеющих сталях препятствует

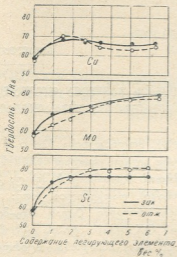


Рис. 3. Влияние кремния, молибдена и меди на твердость стали OX18H20

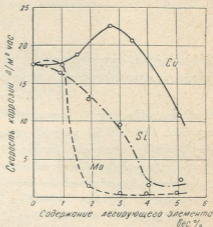


Рис. 4. Влияние кремния, молибдена и меди на коррозионную стойкость стали OX18H20 в 30% серной кислоте при  $85^\circ\text{C}$

переходу атомов хрома, никеля и железа в ионное состояние [4]. Действие меди на повышение коррозионной стойкости аустенита объясняется с точки зрения катодных присадок, повышающих пассивность стали [3]. Следовательно, при определенных концентрациях меди в аустените корродирующая поверхность будет более интенсивно обедняться железом, хромом и никелем и обогащаться медью. Интенсивность этого процесса зависит от предельной концентрации меди в аустените (в нашем случае  $2 \div 2,5$ ), выше которой корродирующая поверхность имеет достаточное количество равномерно распределенных катодных участков меди, увеличивающих анодную поляризацию всей поверхности стали. Благодаря же анодной поляризации, потенциал корродирующей стали облагораживается и становится возможным переход анодных участков в пассивное состояние. Это приводит к наступлению общей пассивности корродирующей поверхности нержавеющей стали.

#### Выводы

1. Кремний и медь в количествах до  $6\%$ , а молибден до  $5\%$  полностью растворяются в хромоникелевом аустените типа OX18H20 в закаленном состоянии. В отожженном же состоянии растворимость их уменьшается до  $2,5\%$ .
2. Кремний, молибден и медь повышают твердость стали OX18H20 как в закаленном, так и в отожженном состояниях.
3. Молибден начиная с  $1$  до  $2,5\%$  резко повышает коррозионную стойкость стали OX18H20 в  $30\%$  серной кислоте при  $85^\circ\text{C}$ . Достигнутая

стойкость сохраняется и при более высоком содержании молибдена (5%). Кремний аналогично молибдену, но менее резко повышает коррозионную стойкость (максимальная стойкость при содержании кремния (4,5%). Содержание меди до 2,6% ухудшает коррозионную стойкость, а затем, вплоть до 5%, несколько улучшает ее.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт металлургии

(Поступило в редакцию 23.1.1967)

მატალურბია

ლ. თაბაძე

სილიციუმის, მოლიბდენისა და სპილენძის გავლენა ფოლად OX18H20-ის სტრუქტურაზე, სისაღეზე და კოროზიულ მდგრადობაზე რეზიუმე

შრომში განხილულია სილიციუმის (0÷6%), მოლიბდენისა (0÷6,51%) და სპილენძის (0÷6,32%) გავლენა აუსტენიტური კლასის ფოლად OX18H20-ის სტრუქტურაზე, სისაღეზე (მომწვარ და ნაწრთობ მდგომარეობაში) და კოროზიულ მდგრადობაზე (ნაწრთობ მდგომარეობაში). დადგენილია, რომ:

1. ნაწრთობ მდგომარეობაში სილიციუმი და სპილენძი 0-დან 6%-მდე, ხოლო მოლიბდენი 5%-მდე მთლიანად იხსნებიან OX18H20 ტიპის ქრომონიკელიან აუსტენიტში. მომწვარ მდგომარეობაში მათი ხსნადობა მცირდება 2,5%-მდე, რის ზევითაც გამოიყოფა ახალი ფაზა.

2. ფოლადის OX18H20 სილიციუმით, მოლიბდენითა და სპილენძით ლეგირება ზრდის მის სისაღეს როგორც ნაწრთობ, ისე მომწვარ მდგომარეობაში.

3. ფოლად OX18H20-ის მოლიბდენით ლეგირება 1-დან 2,5%-მდე მაქსიმალურად ზრდის მის კოროზიულ მდგრადობას გოგირდმეყვას ცხელ ხსნარში (ხსნარის კონცენტრაცია 30%; ტემპერატურა 85°C). მოლიბდენის რაოდენობის შემდგომი გაზრდა აღარ ცვლის მიღწეულ კოროზიულ მდგრადობას. ამიტომ ვთვლით, რომ არაა მიზანშეწონილი ფოლად OX18H20-ის ლეგირება 2,5÷3%-ზე მეტი რაოდენობის მოლიბდენით. სილიციუმით ლეგირება მოლიბდენის ანალოგიურად, მაგრამ ნაკლებ მკვეთრად ზრდის OX18H20-ის კოროზიულ მდგრადობას. მაქსიმალურ მდგრადობას ვაღწევთ ~4,5% სილიციუმით ლეგირებისას. სპილენძი 2,6%-მდე აუარესებს, ხოლო შემდგომ (4÷5%) აუმჯობესებს OX18H20-ის კოროზიულ მდგრადობას.

დასოვნებათა ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. Bourrat, J. Hochmann. Contribution de la corrosion sous tension des aciers inoxydables austénitiques. Mém. scient. rev. métallurgie, 63, № 7-8, 1963, 551-563.
2. J. Edström, L. Jungberg. Stainless chromium-nickel steels with max. 0,03% carbon as constructional material for the chemical industry. Reprint Scandinavian Corrosion Congress, Helsinki, 1964.
3. Н. Д. Томашов, Г. П. Чернова. Пассивность и защита металлов от коррозии. Изд. «Наука», 1965.
4. Е. В. Зотова. Влияние легирующих элементов на коррозионную стойкость хромоникелемолибденомедистых сталей. Автореферат, М., 1959.

Е. И. МАСС

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСКАЕМЫХ (НЕРАЗМЫВАЮЩИХ) СКОРОСТЕЙ И ПРЕДЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ РАЗМЫВА В ВОЛНОВОМ ПОТОКЕ<sup>(1)</sup>

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. Г. Шенгелия 3.11.1966)

Скорости движения воды, возникающие при волнении, существенно влияют на устойчивость сооружений, поэтому при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений, подверженных воздействию волнения, необходимо предусматривать величины возможных размывов, транспорт и отложение твердого материала.

К сожалению, данный вопрос еще недостаточно изучен для рек и особенно мало—для побережий крупных водоемов. Ему посвящен ряд работ советских и зарубежных авторов [1—6], однако, несмотря на успехи, достигнутые за последние годы, проблема движения наносов волновым потоком еще далека от своего полного разрешения.

Анализируя результаты рекомендаций различных авторов, представленные на графике рис. 1, 2 [1, 2, 3, 5, 6], видим, что значения несдвигающих и скрывающих скоростей дают различные результаты при одинаковых параметрах волнения и показателях грунта. До настоящего времени не предложены зависимости, учитывающие проявление свойства связности при наличии мелкозернистых наносов, неоднократность наносов и их формы.

Для уточнения и выяснения некоторых вопросов нами были проведены специальные исследования. Экспериментальная часть проводилась в двух зеркальных гидроволновых лотках. Большой гидроволновой лоток имел длину 50 м, ширину 0,75 м и высоту боковых стенок 1,50 м; малый гидроволновой лоток имел соответственно размеры 10,0×0,3×0,5 м. На большом и малом гидроволновых лотках использовались щитовые волнопродукты, воспроизводящие волны любых параметров.

Для замера элементов волн применялись три способа: а) кино съемка волнового процесса через боковые стекла, на которые была нанесена координатная сетка; б) осциллографирование элементов волн через 1 м по длине лотка с помощью специальных датчиков; в) измерение параметров волн с помощью мерной иглы.

Расстояние от волнопродуктора до начального створа, где отсыпались изучаемые образцы, бралось равным не менее восьми длинам волн.

<sup>(1)</sup> Работа проводилась под руководством и при участии профессора Ц. Е. Мирцхулава.

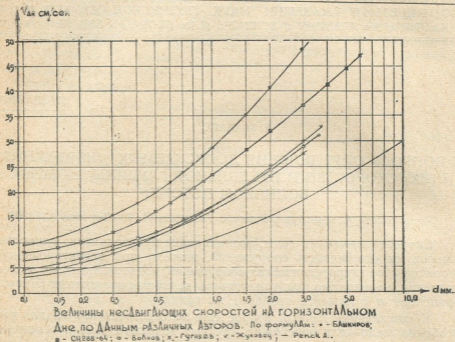


Рис. 1

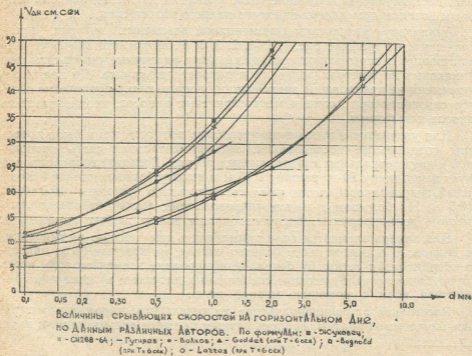


Рис. 2

В опытах воспроизводились волны высотой от 0,02 до 0,4 м, при крутизне  $\frac{h}{\lambda}$  от  $\frac{1}{10}$  до  $\frac{1}{30}$ . Относительная глубина воды  $\frac{H}{\lambda}$  изменялась от 0,10 до 0,35.

Перед началом опытов по фиксации движения донных частиц на дне лотка укладывались ровным слоем тщательно отсортированные песчаные зерна фракций размером 5—3, 3—2, 2—1, 1—0,5, 0,5—0,25, 0,25—0,1, 0,1—0,05, 0,05—0,01 мм. Кроме указанных фракций песка, в экспериментах использовались материалы с различными удельными весами — пластмассы, тяжелые минералы.

По изучению воздействия волного потока на деформированное дно, сложенное из несвязных грунтов, было проведено более 250 опытов, по определению параметров волн, скоростной структуры придонного слоя и тарировке гидроволновых установок — 80 опытов. Эксперименты подразделялись на две группы: а) исследование волновых движений жидкости на сплошном непроницаемом дне при отсутствии наносов; б) движение жидкости при наличии подвижного дна.

Для установления скоростного поля в волновом потоке вводилась смесь дихлорэтана, вазелинового масла и красителя. В зависимости от условий опыта плотность эмульсии подбиралась равной или несколько больше плотности воды.

Картина движения эмульсионных шариков в придонном слое фиксировалась киносъемкой. Для фиксации механизма движения наносов в придонном слое к объективу аппарата были приспособлены специальные кольца, позволяющие производить съемку на малых расстояниях от объекта.

Определение размываемых и допускаемых скоростей волнового потока фиксировалось по началу движения наиболее крупных частиц или разрушения отмытки, образовавшейся из таких зерен. Размывающую способность волнового потока определяли путем измерения мгновенных максимальных скоростей на границе придонного слоя неразмываемой модели.

Эксперименты проводились по разработанной методике, целью которой являлись объективная фиксация наблюдаемого явления и на ее основании уточнение механизма трогания и движения донных частиц. В основу было положено поэтапное исследование процесса размыва. Для каждой фракции рассматривались шесть условных стадий начала размыва. Применяемый в этом случае кинематографический метод позволял объективно зафиксировать наблюдаемые явления.

Исследования проводились в условиях плоской задачи.

При проведении экспериментальной части нами отмечены некоторые общие закономерности по воздействию волнового и руслового потока на несвязный грунт. Начальная стадия протекает следующим образом. При движении волнового потока над деформируемым песчаным дном всегда существует некоторая скорость, при которой наблюдаются вздрагивания частиц, но по мере увеличения волнения частицы начинают качаться на месте в фазе с волной. Число последних возрастает, и в какой-то момент можно заметить первые подвижки зерен наносов. Начало движения частиц характеризуется вибрацией некоторой части зе-

рен наносов. Двигаясь вместе с жидкостью на небольшие расстояния, они вновь останавливаются. В начальный момент движения только часть частиц оказывается выведенной из равновесия. Это относится к частицам, менее устойчивым на дне. По мере увеличения волнения количество таких частиц резко возрастает, охватывая почти весь поверхностный слой. Дальнейшее передвижение частиц характеризуется движением вперед и назад с повторением хода волны, и с увеличением придонной скорости формируются рифели. Выделены три основные скорости, характеризующие поведение частиц наносов на дне: 1) допускаемая (неразмывающая) скорость —  $V_{\Delta н. доп}$ ; 2) срывающая скорость, или начальная скорость эффективного трогания —  $V_{\Delta н. с}$ ; 3) скорость начала сплошного перемещения частиц грунта (движение рифельных гряд) —  $V_{\Delta н. спл}$ .

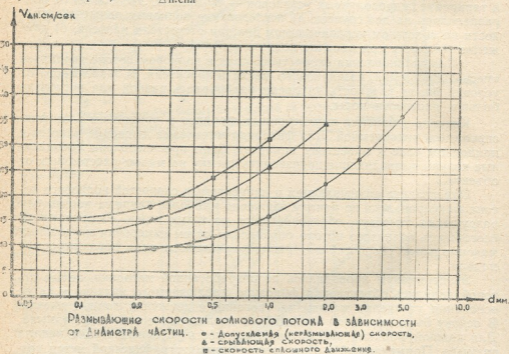


Рис. 3

Полученные экспериментальные данные представлены в виде графика на рис. 3. На этом графике по оси абсцисс отложен линейный размер частиц, а по оси ординат — значения скоростей, установленные непосредственными измерениями. Ввиду того что опыты проводились с некоторой фракцией наносов, где значения критической скорости относились к наиболее крупным зернам, величины критических скоростей для всей массы наносов каждой фракции определены с некоторым завышением.

Кривые, характеризующие различные стадии движения донных наносов, можно разделить на две части. Согласно графику, с увеличением диаметра частиц от 0,1 мм и выше допускаемая (неразмывающая) донная скорость возрастает, с уменьшением диаметра от 0,1 мм и ниже она также увеличивается, что объясняется появлением сил молекулярного сцепления в мелкозернистых грунтах.

Расчетная зависимость для определения допускаемых (неразмывающих) скоростей волнового потока для однородных по крупности частиц несвязного грунта на горизонтальном и слабонаклонном дне, согласно нашим исследованиям, может быть принята на основании ВСН 2—65 (Госземводхоз СССР). С учетом специфики, обусловленной влиянием волнения, зависимость приобретает следующий вид:

$$V_{\Delta \text{н. доп}} = 1,34 \sqrt{\frac{g}{\gamma_0} [(\gamma_{\text{ч}} - \gamma_0) d + 2C_{\text{гн}}^{\text{н}} \cdot k]}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{\text{ч}}$ ,  $\gamma_0$ —удельный вес наносов и воды, т/м<sup>3</sup>;  $d$ —средний диаметр зерен, м;  $g$ —ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>;  $C_{\text{гн}}^{\text{н}}$ —усталостная прочность на разрыв несвязного грунта: значение  $C_{\text{гн}}^{\text{н}}$  устанавливается по формуле [4]

$$C_{\text{гн}}^{\text{н}} = \frac{175}{10^{10} d} \text{ т/м}^2; \quad (2)$$

$k$ —коэффициент однородности, характеризующий вероятность отклонения величины появляющихся сил сцепления от ее среднего значения (можно принять  $k=0,5$ ).

Сопоставление экспериментальных данных с зависимостью (1) дало хорошее совпадение (см. таблицу), что предопределяет возможность ее практического использования.

№ п/п	Размер песчаных фракций, мм	Значения неразмывающих скоростей волнового потока, см/сек		№ п/п	Размер песчаных фракций, мм	Значения неразмывающих скоростей волнового потока, см/сек	
		согласно опыту	по формуле (1)			согласно опыту	по формуле (1)
1	0,01—0,05	9,5	8,7	5	0,5—1,0	16,0	17,0
	0,05—0,1		8,4				23,0
3	0,1—0,25	9,5	8,6	7	2,0—3,0	29,0	29,0
			11,7				38,7
4	0,25—0,5	12,0		8	3,0—5,0		

По теории волн малой амплитуды [7]

$$V_{\Delta} = \frac{n\pi h}{\sqrt{\frac{\pi\lambda}{g} \operatorname{sh} \frac{4\pi H}{\lambda}}}. \quad (3)$$



Приравнивая выражения (1) и (3) и решая их относительно  $H$  получаем глубину, на которой утрачивается активное воздействие волнения на частицы грунта подводной отмели

$$H_p = \frac{1}{2k_1} \operatorname{arsh} \left\{ \frac{1,75 nh^2 \gamma_0}{\lambda [(\gamma_0 - \gamma_0) d + 2 C_{yn} k]} \right\}. \quad (4)$$

Для крупнозернистых наносов предельная глубина определяется с учетом углов наклона  $\alpha_0$ :

$$H_p = \frac{1}{2k_1} \operatorname{arsh} \left\{ \frac{1,75 nh^2 \gamma_0}{\lambda [(\gamma_0 - \gamma_0) d (\cos \alpha_0 \operatorname{tg} \varphi - \sin \alpha_0)]} \right\}, \quad (5)$$

где  $k_1$  — волновой коэффициент, равный  $\frac{2\pi}{\lambda}$ ;  $h$  — высота волны;  $\lambda$  — длина волны;  $n$  — коэффициент, равный  $0,6 \div 0,8$ , принятый проектом норм и условий на волновое воздействие.

Здесь следует оговориться, что предельная глубина размыва не является крайним пределом волнового воздействия, ниже наблюдаются подвижки частиц наносов, но эта глубина не выделяется морфологически четко.

Грузинский научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации

(Поступило в редакцию 3.11.1966)

ჰიდროტექნიკა

О. მასი

### ტალღურ ნაკადებში დასაშვები სიჩქარეებისა და ზღვრული ბარემების სიღრმის განსაზღვრის საკითხისათვის

რეზიუმე

ღელვის დროს წარმოქმნილი წყლის მოძრაობის სიჩქარეები საგრძნობლად მოქმედებენ ნაგებობის მდგრადობაზე, რის შედეგადაც აუცილებელი ხდება განისაზღვროს მოსალოდნელი გარეცხვის სიღრმეები, მყარი ნატანის ვალატანა და შემდგომი დაღეჭვა.

მკვლევართა მიერ მიღებული შედეგების ანალიზმა რაც მოყვანილია ნახ. 2-ზე, ამ საკითხის დეტალური გამოკვლევის აუცილებლობის დასკვნამდე მიგვიყვანა. ექსპერიმენტული ნაწილი ჩატარებულია ორი სხვადასხვა ზომის გამჭვირვალეკედლებიან ტალღოვან ღარზე, სადაც ხელოვნურად იქმნებოდა ტალღები სიმაღლით არა უმეტესი 0,4 მეტრისა. გამოცდილია არამყული გრუნტების 8 სხვადასხვა ფრაქცია, რის შედეგადაც მიღებულია მრუდები, რომლებიც ახასიათებენ ნაწილაკის მოქმედებას ჰორიზონტალურ და მცირე-ქანობიან ფსკერზე. მოცემულია საანგარიშო დამოკიდებულებები ნაკადებისათვის ტალღოვანი, დასაშვები არაგამრეცი სიჩქარეებისა და ზღვრული გარეცხ-

ვის სიღრმის გასაანგარიშებლად. ეს დამოკიდებულებები მოცემულია გრაფიკულად ფსკერზე ტურბულენტური ნაკადების მოქმედების განხილვის საფუძველზე და დამუშავებული პროფ. ც. მირცხულავას მიერ ნაგებობათა ზღვრული მდგომარეობის შეთოდის პრინციპის შესაბამისად.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. С. Башкиров. Динамика прибрежной зоны моря. Изд. «Морской транспорт», М., 1961.
2. П. А. Волков. Исследования неразмывающей скорости при волновом режиме. Речной транспорт, № 7, 1961.
3. В. В. Лонгинов. Динамика береговой зоны бесприливных морей. Изд. АН СССР, 1963.
4. Ц. Е. Мирцхулава. Указания по определению допускаемых (неразмывающих) скоростей водного потока для различных грунтов и облицовок. ВСН 2-65, Госземводхоз СССР.
5. J. Larras. Cours d'Hydraulique maritime. Paris, 1961.
6. J. Goddet. Etude du debut d'entrainement des matèriaux mobile sous Esteban de Pravia. Houille blanche, № 2, 1960.
7. Указания по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновому воздействию, СН 288—64.

Л. Л. ГВЕЛЕСИАНИ

## ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ТОРМОЖЕНИЯ ЭКИПАЖА С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТОРМОЗОМ

(Представлено академиком Р. Р. Двали 14. 2. 1967)

Для определения оптимального режима торможения экипажа, снабженного рекуперативным тормозом, необходимо учитывать потери на скольжение колес. Эти потери играют существенную роль в энергетическом балансе в процессе рекуперации.

Общий к. п. д. рекуперации автомобиля определялся в работе [1] без учета потерь на скольжение колес о дорогу. Между тем, при высоких значениях ускорения это может привести к большим погрешностям.

Общий к. п. д. рекуперации определялся в этой работе по следующей формуле:

$$\eta = \left( \frac{D}{D+1} \right)^2 \left( 1 - \frac{t}{T} \right) \frac{Gv_{\max}^2 - 2gS(Gf + kFv_{\text{ср}}^2)}{Gv_{\max}^2} \eta_a \eta_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где

$D = i_{\max}^2$  — диапазон варьирования;

$i_{\max}$  — максимальное передаточное отношение вариатора;

$t$  — продолжительность вращения маховика в цикле рекуперативного торможения-разгона;

$T$  — продолжительность свободного вращения маховика до остановки;

$G$  — вес автомобиля;

$S$  — путь торможения-разгона;

$f$  — коэффициент качения колеса;

$k$  — коэффициент сопротивления воздуха;

$v_{\max}$  и  $v_{\text{ср}}$  — соответственно максимальная и средняя скорости автомобиля в процессе торможения-разгона, соответствующие динамическому радиусу колеса;

$F$  — площадь миделевого сечения автомобиля;

$\eta_a$  — к. п. д. вариатора;

$\eta_{\text{тр}}$  — к. п. д. трансмиссии автомобиля от вариатора до колес.

Анализ этой формулы показывает, что с увеличением интенсивности торможения при рекуперации энергии к. п. д. возрастает. Это наглядно показывает кривая 1 рис. 1, выражающая формулу общего к. п. д. рекуперации. Исходя из этого можно полагать, что для обеспечения максимального к. п. д. интенсивность торможения должна быть максимально возможной и ограничиваться лишь условиями комфорта пассажиров. Однако на практике коэффициент сцепления автомобильного колеса с дорогой не всегда может обеспечить максимальную интенсивность торможения, отвечающую условиям комфорта. При торможении автомобиля могут наступить блокировка колес, юз и связанные с этим нежелательные явления. К. п. д. рекуперации при этом резко падает.

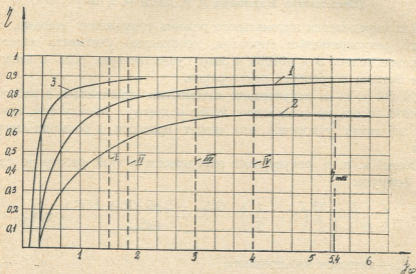


Рис. 1

На основании вышеизложенного в формулу (1) необходимо ввести скоростной к. п. д. колеса, зависящий от величины скольжения колеса о дорогу. Общий к. п. д. рекуперации с учетом скоростного к. п. д. колеса примет вид

$$\eta_0 = \eta \eta_{ск} . \quad (2)$$

Здесь  $\eta_{ск}$ —скоростной к. п. д. колеса зависит от величины проскальзывания и выражается следующим образом:

$$\eta_{ск} = 1 - \delta, \quad (3)$$

где  $\delta$ —коэффициент проскальзывания.

Известно, что интенсивность скольжения зависит от отношения окружной силы на колесе  $P_k$  к вертикальной нагрузке  $P_n$ . При неболь-

ших значениях отношения  $\frac{P_k}{P_b}$ , когда коэффициент сцепления  $\varphi$  значительно больше этого отношения, интенсивность скольжения невелика. По мере приближения  $\frac{P_k}{P_b}$  к  $\varphi$  интенсивность скольжения увеличивается, быстро достигая больших значений (20% ÷ 30%), после чего обычно наступает полное скольжение [2].

Учитывая потери на скольжение, зависимость к. п. д. рекуперации от интенсивности торможения будет иметь максимум (рис. 1, кривая 2).

Известно [3], что зависимость скольжения колеса от отношения  $\frac{P_k}{P_b}$  с достаточной точностью может быть аппроксимирована эмпирической формулой

$$\delta = A \frac{P_k}{P_b} + B \left( \frac{P_k}{P_b} \right)^n, \quad (4)$$

где  $A$ ,  $B$  и  $n$  — опытные коэффициенты для различных грунтов и дорожных покрытий.

Вследствие того что при небольших значениях  $\frac{P_k}{P_b}$  зависимость  $\delta = f\left(\frac{P_k}{P_b}\right)$  весьма близка к линейной, в этих условиях вторым членом формулы (4) можно пренебречь и она примет вид

$$\delta = A \frac{P_k}{P_b}. \quad (5)$$

Подставив формулу (5) в (3), получим выражение скоростного к. п. д. колеса

$$\eta = 1 - A \frac{P_k}{P_b}. \quad (6)$$

Достоверность последнего выражения подтверждается исследованиями качества автомобильного колеса по твердому дорожному покрытию [4].

Значение  $A$  для твердой дороги с учетом данных [3, 4] находится в пределах 0,1 ÷ 0,15.

Подставляя значения (1) и (6) в (2), получаем

$$\eta = \left( \frac{D}{D+1} \right)^2 \left( 1 - \frac{t}{T} \right) \eta_b \eta_{тр} \frac{Gv_{\max}^2 - 2gS(Gf + kFv_{cp}^2)}{Gv_{\max}^2} \times \left( 1 - A \frac{P_k}{P_b} \right). \quad (7)$$



Здесь

$$P_k = \frac{Gj}{g} + Gj + kFv^2, \quad (8)$$

где  $j$ —интенсивность торможения или разгона.

Ускорение  $j$  при торможении и разгоне автомобиля изменяется в незначительных пределах [1].

Поэтому с достаточной степенью точности расчет можно вести по среднему значению ускорения  $j_{cp}$ .

Так как реактивные сопротивления движению автомобиля  $Gj+kFv^2$  весьма малы, по сравнению с инерционной составляющей  $Gj$ , нечет первых в выражении для  $\delta$  вносит погрешность, не превышающую 1,5–2%.

Исходя из этого путь торможения-разгона выразится

$$S = 2 \frac{v_{max}^2}{j_{cp}}. \quad (9)$$

Учитывая вышеизложенное, формулу (7) можно представить в виде зависимости  $\eta = f(j_{cp})$ :

$$\eta = \left( \frac{D}{D+1} \right)^2 \left( 1 - \frac{t}{T} \right) \eta_b \eta_{тр} \left[ 1 - \frac{4g(Gj+kFv_{cp}^2)}{Gj_{cp}} \right] \times \\ \times \left( 1 - A \frac{Gj_{cp}}{gP_b} \right). \quad (10)$$

Исходя из условий  $\frac{d\eta_{экстр}}{dj_{cp}} = 0$ , находим значение  $j'_{cp}$ , отвечающее экстремальному (максимальному) значению  $\eta_{max}$ :

$$j'_{cp} = \sqrt{\frac{4g^2(Gj+kFv_{cp}^2)P_b}{AG^2}}. \quad (11)$$

В качестве примера примем значения параметров согласно работе [1]:  $D=56$ ,  $G=10000$  кг,  $v_{cp}=20$  км/час=5,6 м/сек,  $t=1$  мин,  $T=600$  мин,  $f=0,015$ ,  $k=0,025$ ,  $F=4$  м<sup>2</sup>,  $\eta_b=\eta_{тр}=0,97$ .

Примем также, что вертикальная реакция, приходящаяся на задние (ведущие) колеса автомобиля,  $P_b=0,6$ ;  $G=6000$  кг и  $A=0,12$ .

Значение  $j'_{cp}$ , вычисленное по формуле (11), для упомянутых параметров равно 5,3. Это означает, что при  $j'_{cp}=5,3$  к. п. д. достигает максимального значения, равного, согласно формуле (10),

$$\eta_{max} = 0,717.$$

Построенный по формуле (10) график зависимости  $\eta = f(j_{cp})$  представлен на рис. 1 (кривая 2). На этом же графике кривая 3 отражает зависимость (10) для рельсового транспорта при  $f=0,005$ ,  $P_b=G$ ,  $A \approx 0$ .

Используя материалы [2] по коэффициенту сцепления автомобильных пневмошин с дорожным покрытием в различном состоянии, а также по коэффициенту сцепления колес рельсового транспорта, можно установить пределы интенсивности торможения экипажа с рекуперативным тормозом.

На графике рис. 1 вертикальные линии I, II, III, IV ограничивают интенсивность торможения соответственно для мокрых рельсов, сухих рельсов или мокрого асфальтного или бетонного дорожного покрытия с тонким слоем грязи, мокрого асфальтного или бетонного покрытия без грязи, сухого асфальтного или бетонного покрытия.

Часть графика, ограниченная  $j = 0 - 2$  м/сек<sup>2</sup>, соответствует зоне комфортабельного торможения при наличии стоящих пассажиров [2].

Анализ факторов, ограничивающих интенсивность рекуперативного торможения, позволяет сделать вывод, что оптимальная интенсивность, отвечающая условиям к. п. д., сцепления колес с дорогой и комфорта, для рельсового транспорта около  $1,5$  м/сек<sup>2</sup> ÷  $1,8$  м/сек<sup>2</sup>, а для транспорта на пневматиках около  $1,8$  м/сек<sup>2</sup> ÷  $2,2$  м/сек<sup>2</sup>.

Исходя из этих значений необходимо проектировать привод рекуперативного тормоза.

По предлагаемой методике можно производить расчет оптимальной интенсивности торможения для транспортных машин с различной ходовой частью и для различных дорожных покрытий и условий.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт механики машин  
и полимерных материалов  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 2.1.1967)

საქართველოს ინჟინერული აკადემია

ლ. ზველესიანი

მუხრუმ-რეკუპერატორით აღჭურვილი ეკიპაჟის დამუხრუმების  
ოპტიმალური რეჟიმი

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომში აღწერილია მუხრუმ-რეკუპერატორით აღჭურვილი ეკიპაჟის დამუხრუმების ოპტიმალური რეჟიმის განსაზღვრის ანალიზური მეთოდი. ოპტიმალური დამუხრუმების რეჟიმად მიჩნეულია ისეთი რეჟიმი, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილ იქნება ენერჯის რეკუპერაციის მაქსიმალური მარჯი ქმედების კოეფიციენტი, მოძრაობის უსაფრთხოება და მგზავრთა კომფორტაბელობა. ამ რეჟიმის განსაზღვრის დროს მხედველობაში მიღებულია აგრეთვე დანაკარგები, რომლებსაც ადგილი აქვს ეკიპაჟის თვლების სრიალის შემთხვევაში.

დამუხრუჭების ოპტიმალური რეჟიმი განსაზღვრულია როგორც ავტომობილის, ისე ლიანდაგიანი ტრანსპორტისათვის.

დავოწმებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Р. Двали, Б. С. Фалькевич, И. В. Матикашвили, Н. В. Гулиа. К вопросу использования энергии торможения для разгона автомобиля. Сообщения АН ГССР, XLIII, № 3, 1966.
2. Б. С. Фалькевич. Теория автомобиля. М., 1963.
3. Н. А. Ульянов. Основы теории и расчета колесного движителя землеройных машин. Машгиз, 1962.
4. Ю. А. Ечеиштов. Качение автомобильного колеса на твердой дороге. Автомобильная промышленность, № 3, 1963.
5. Справочник инженера-транспортника, 1932.



АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Н. Г. ТУРКИЯ, Н. А. ВЕПХВАДЗЕ, Д. И. ЦУЛЯЯ, Л. Д. ЧХАИДЗЕ

РАСЧЕТ НА ЦВМ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ  
 НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ В СЕТИ  
 ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 3. 11. 1966)

Существующие методы исследования несимметричных повреждений в трехфазных цепях не учитывают подобия между любыми видами трехфазных и однофазных повреждений. Это существенно затрудняет обобщение их исследований. Между тем, любая комбинация простых несимметричных повреждений может представляться однофазным повреждением.

Предлагаемый метод, обобщая все виды повреждений, дает общее решение этой задачи, т. е. позволяет находить значения токов и напряжений при любой комбинации коротких замыканий (к. з.) и обрывов фаз. Метод основывается на работах Г. Г. Костяняна [1].

Обобщение задачи дает возможность успешно применить ЦВМ при проведении расчетов.

В первую очередь рассмотрим несимметричное к. з. в двух узлах электрической сети. Электрическую сеть произвольной сложности представим в виде активного четырехполюсника, выходные зажимы 1—0 и 2—0 которого являются узлами, где рассматриваются к. з. (рис. 1).

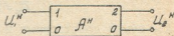


Рис. 1

Как известно [1], токи к. з. посредством параметров начального режима можно связать уравнениями, решение которых дают значения токов при симметричных к. з.:

$$\begin{aligned} Z_{11} J_1 + Z_{12} J_2 &= U_1^n, \\ Z_{21} J_1 + Z_{22} J_2 &= U_2^n, \end{aligned} \quad (1)$$

где

$Z_{11}$ ,  $Z_{22}$ —входные сопротивления, т. е. диагональные элементы матрицы собственных и взаимных сопротивлений [2];

$Z_{12}$ ,  $Z_{21}$ —взаимные сопротивления (недиагональные элементы матрицы);

$J_1, J_2$ —токи в месте к. з.,  
 $U_1^n, U_2^n$ —начальные напряжения в узлах.

В матричной форме система уравнений (1) запишется в виде

$$\|Z\| \cdot \|J\| = \|U\|,$$

где  $\|Z\|$ —симметричная матрица сопротивлений. Порядок матрицы равен числу узлов, где возможны к. з.

При произведении расчетов токов несимметричных к. з. следует оперировать элементами матриц сопротивлений для схем прямой, обратной и нулевой последовательностей  $\|Z^{(1)}\|, \|Z^{(2)}\|, \|Z^{(0)}\|$ . Матрицы схем обратной и нулевой последовательностей строятся так же, как и матрица схемы прямой последовательности.

Для решения задачи при несимметричных к. з. составляются уравнения, подобные уравнению (1) для схем всех последовательностей отдельно. Коэффициенты для уравнений берутся из матриц соответствующих последовательностей.

Рассмотрим случай замыкания одноименной фазы в двух узлах.

Соблюдая условие однофазного к. з.  $J^{(1)} = J^{(2)} = J^{(0)}$  и суммируя уравнения всех последовательностей для одной ветви, получаем уравнения

$$\begin{aligned} (Z_{11}^{(1)} + Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}) J_1^{(0)} + (Z_{12}^{(1)} + Z_{12}^{(2)} + Z_{12}^{(0)}) J_2^{(0)} &= E_1, \\ (Z_{21}^{(1)} + Z_{21}^{(2)} + Z_{21}^{(0)}) J_1^{(0)} + (Z_{22}^{(1)} + Z_{22}^{(2)} + Z_{22}^{(0)}) J_2^{(0)} &= E_2, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $J_1^{(0)}$  и  $J_2^{(0)}$ —токи нулевой последовательности в ветвях 1—0 и 2—0, т. е. система уравнений пишется для токов одной последовательности. Систему уравнений (2) перепишем в виде

$$\begin{aligned} Z_{11}^s J_1^{(0)} + Z_{12}^s J_2^{(0)} &= E_1, \\ Z_{21}^s J_1^{(0)} + Z_{22}^s J_2^{(0)} &= E_2, \end{aligned}$$

где  $Z^s$ —сумма собственных и взаимных сопротивлений трех последовательностей.

Как известно, ток в поврежденной фазе  $J = 3J^{(0)}$ . Разделив коэффициенты на 3, можно будет перейти непосредственно к фазным значениям токов:

$$\begin{aligned} \frac{Z_{11}^s}{3} J_1 + \frac{Z_{12}^s}{3} J_2 &= E_1, \\ \frac{Z_{21}^s}{3} J_1 + \frac{Z_{22}^s}{3} J_2 &= E_2. \end{aligned} \quad (3)$$

До сих пор мы рассматривали случаи, когда все поврежденные фазы были одноименны. Рассмотрим случай, когда в узле 1 замыкается фаза В и в узле 2—фаза С.

Для неоднородных особых фаз система уравнений (2) видоизменяется. Можно доказать, что после сдвига (умножением на оператор сдвига  $a$ ) соответствующих векторов тока получим систему уравнений в следующем виде:

$$\begin{aligned} (Z_{11}^{(1)} + Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}) J_{1B}^{(0)} + (aZ_{12}^{(1)} + a^2 Z_{12}^{(2)} + Z_{12}^{(0)}) J_{2C}^{(0)} &= a^2 E_1, \\ (a^2 Z_{21}^{(1)} + aZ_{21}^{(2)} + Z_{21}^{(0)}) J_{1B}^{(0)} + (Z_{21}^{(1)} + Z_{22}^{(2)} + Z_{22}^{(0)}) J_{2C}^{(0)} &= aE_2. \end{aligned} \quad (4)$$

Решив эту систему, получим значения токов нулевой последовательности или, разделив коэффициенты на 3, получим непосредственно фазные значения токов.

Известно, что  $Z_{12} = Z_{11} H_{12}$  и  $Z_{21} = Z_{22} H_{21}$ , где  $Z_{11}$  и  $Z_{22}$  — входные сопротивления;  $H_{12}$  и  $H_{21}$  — коэффициенты передачи по напряжению между узлами 1 и 2.

Для случая двухфазного к. з. на землю аналогичные уравнения не составляются, так как при этом виде повреждения не соблюдается условие  $J^{(1)} = J^{(2)} = J^{(0)}$ . Согласно условию  $U^{(1)} = U^{(2)} = U^{(0)}$ , для неповрежденной фазы строятся уравнения, дуальные уравнениям (1), где неизвестные — напряжения в неповрежденных фазах, свободные члены — токи при трехфазном к. з. в данном узле, а коэффициенты  $y$  — собственные и взаимные проводимости между узлами.

Расчет этих коэффициентов создает дополнительные трудности, так как трудоемкость заключается в составлении матриц. Поэтому целесообразно двухфазное к. з. представить как наложение двух однофазных к. з. в одном узле. В этом случае можно обходиться лишь матрицами собственных и взаимных сопротивлений для схем последовательностей.

Рассматривая узел с двухфазным к. з. как два совпадающих узла с однофазным повреждением, получаем

$$\begin{aligned} Z_{11} &= Z_{22}, \\ H_{12} &= H_{21} = 1. \end{aligned} \quad (5)$$

Система уравнений (4) преобразуется к виду

$$\begin{aligned} (Z_{11}^{(1)} + Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}) J_B^{(0)} + (aZ_{11}^{(1)} + a^2 Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}) J_C^{(0)} &= a^2 E, \\ (a^2 Z_{11}^{(1)} + aZ_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}) J_B^{(0)} + (Z_{11}^{(1)} + Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}) J_C^{(0)} &= aE. \end{aligned} \quad (6)$$

Разделив коэффициенты на 3 и решив систему уравнений, получим общеизвестные значения для токов в поврежденных фазах:

$$J_B = \frac{E}{Z_{11}^{(1)} + \frac{Z_{11}^{(2)} Z_{11}^{(0)}}{Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}}} \left( a^2 - \frac{Z_{11}^{(2)} + aZ_{11}^{(0)}}{Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}} \right),$$

$$J_c = \frac{E}{Z_{11}^{(1)} + \frac{Z_{11}^{(2)} Z_{11}^{(0)}}{Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}}} \left( a - \frac{Z_{11}^{(2)} + a^2 Z_{11}^{(0)}}{Z_{11}^{(2)} + Z_{11}^{(0)}} \right).$$

Таким образом, одно двухфазное к. з. представляется как два однофазных к. з. Если имеем  $M$  двухфазных и  $N$  однофазных к. з. (особенные фазы произвольные), составим уравнения для  $2M + N$  однофазных к. з., учитывая условие (5) для узлов с двухфазными к. з.

Для расчета произвольной комбинации к. з. в первую очередь должны быть рассчитаны матрицы собственных и взаимных сопротивлений для схем всех последовательностей— $\|Z^{(1)}\|$ ,  $\|Z^{(2)}\|$ ,  $\|Z^{(0)}\|$ .

Посредством этих матриц рассчитаем:

1) матрицу фазных сопротивлений

$$\|Z\| = \frac{1}{3} (\|Z^{(1)}\| + \|Z^{(2)}\| + \|Z^{(0)}\|);$$

2) матрицу для опережающих фаз

$$\|Z'\| = \frac{1}{3} (a^2 \|Z^{(1)}\| + a \|Z^{(2)}\| + \|Z^{(0)}\|);$$

3) матрицу для отстающих фаз

$$\|Z''\| = \frac{1}{3} (a \|Z^{(1)}\| + a^2 \|Z^{(2)}\| + \|Z^{(0)}\|).$$

Затем в зависимости от комбинации к. з. из этих матриц выбираются соответствующие элементы. Выборка производится следующим образом: из матриц вычеркиваются все столбцы, кроме тех, которые соответствуют узлам с к. з. Если имеет место  $N$  однофазных и  $M$  двухфазных к. з., число повреждений будет  $2M + N$  ( $M$  двухфазных к. з. рассматриваем как  $2M$  однофазных к. з.). Из  $2M + N$  неизвестных выбираем те, которые по фазе совпадают с повреждением рассматриваемой ветви, и умножаем на матрицу  $\|Z\|$ . Отстающие по фазе умножаем на  $\|Z''\|$  и опережающие на  $\|Z'\|$ .

Свободные члены умножаются на  $a$  или  $a^2$  в зависимости от сдвига относительно фазы  $A$ .

Аналогично рассуждая можно вывести дуальные выражения при обрывах фаз. Свободными членами будут токи в фазах в начальном режиме, неизвестными—напряжения в месте обрыва, а коэффициентами—элементы матрицы собственных и взаимных проводимостей.

Рассмотрим случай, когда имеется несколько одновременных к. з. и обрывов фаз.

В таком случае система уравнений, связывающих токи и напряжения, имеет вид

$$\begin{aligned} \|Z\| \|J\| + \|H\| \|U\| &= \|E^n\|, \\ \|Y\| \|U\| + \|T\| \|J\| &= \|J^n\|, \end{aligned}$$

где

$\|Z\|$  — матрицы фазных сопротивлений для совпадающих, опережающих и отстающих фаз;

$\|Y\|$  — матрицы фазных проводимостей для совпадающих, опережающих и отстающих фаз;

$\|H\|$ ,  $\|T\|$  — матрицы коэффициентов передач.

Расчет матрицы  $\|H^{(1)}\|$  прямой последовательности дается в работе [2].

Таким же способом, посредством матриц сопротивлений обратной и нулевой последовательности рассчитаем  $\|H^{(2)}\|$  и  $\|H^{(0)}\|$ . Как было указано выше, посредством матриц всех трех последовательностей  $\|H^{(1)}\|$ ,  $\|H^{(2)}\|$ ,  $\|H^{(0)}\|$  рассчитаем фазные значения матриц  $\|H\|$ ,  $\|H'\|$ ,  $\|H''\|$ . Матрица  $\|T\|$  является транспонированной матрицей  $\|H\|$ .  $\|T\| = \|H^T\|$ .

Таким образом находятся все коэффициенты для расчета различных комбинаций повреждений.

Грузинский политехнический  
институт  
им. В. И. Ленина  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 3.11.1966)

აბტოგრაფიკა და ტელეგრაფიკა

ბ. თურქია, ბ. ვიზხვაძე, დ. წულაია, ლ. ჩხაიძე

დენებისა და ძაბვების ანგარიში ციფრულ გამომთვლელ  
მანქანაზე ენერგოსისტემის ძსელში არასიმეტრიული  
დაზიანების დროს

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია არასიმეტრიული დაზიანების დროს დენებისა და ძაბვების ანგარიშის მეთოდოლოგია, რაც ემყარება გადაცემის კოეფიციენტების გამოყენებას.

ნებისმიერი არასიმეტრიული დაზიანების დროს ანგარიშის წარმოებისათვის, პირველ რიგში საჭიროა საკუთარი და ურთიერთწინააღმდეგობებისა და გამტარებლობების მატრიცების ანგარიში სამივე მიმდევრობის სქემისათვის.

მატრიცის ელემენტების საშუალებით მყარდება დამოკიდებულება სქემის პასიურ ელემენტებს, საწყისი რეჟიმის პარამეტრებსა და უცნობ სიდიდეებს შორის.

ანგარიში წარმოებს ფაზურ სიდიდეებზე, ამის საშუალებას იძლევა ის გარემოება, რომ ყველა ტიპის დაზიანება დაიყვანება ერთფაზა დაზიანებამდე.

ამგვარად, სტატიაში მოყვანილი მეთოდის საფუძველზე შემთხვევა, როდესაც არის  $M$  ერთფაზა და  $N$  ორფაზა დაზიანება, განიხილება როგორც  $M + 2N$  ერთფაზა დაზიანება.

ეს გარემოება იძლევა სხვადასხვა ტიპის ამოცანების მანქანაზე ამოხსნის საშუალებას.

#### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Г. Костянян. Задачи релейной защиты современных энергосистем. Автореферат, 1964.
2. Н. Г. Туркия. Расчет токов и напряжений при обрывах и коротких замыканиях в произвольных точках цепи. Сообщения АН ГССР, XLIV, № 1, 1966.

### მოძრავი ნაშალბის მცენარეულობა თბილისის მიდამოებში

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 20.6.1966)

მოძრავ ნაშალბს თბილისის მიდამოებში ფართო გავრცელება აქვს და ცალკეულ შემთხვევაში საკმაოდ მოზრდილი ფართობები უკავია. იგი ძირითადად გავრცელებულია სამხრეთ-აღმოსავლეთ და ნაწილობრივ, სამხრეთ-დასავლეთის დიდი დაქანების ფერდობებზე, მაგრამ ჩრდილო ფერდობებზეც იშვიათობას არ წარმოადგენს. თბილისის მიდამოებში აღნიშნული ნაშალბები კარგადაა გამოსაჩული: ვარაზის ხევში, დელისის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, მდ. ვერესა და მისი შენაკადების ხეობებში, სოფელ ბაგებთან, წყნეთთან, ბეთანიასთან, არმაზის ხეობაში და სხვაგან.

მოძრავ ნაშალბში გამოიყოფა: 1. საკუთრივ მოძრავი ნაშალბები, რომლებიც ხასიათდებიან მრავალფეროვანი გრანულომეტრული შედგენილობით, მეტნაკლები მუღმივი მოძრაობით და 2. კლდოვანი ადგილსამყოფელიდან ნაშალ ადგილსამყოფელზე გარდამავალი ქვეჯგუფები.

მოძრავი ნაშალბისათვის დამახასიათებელია ძლიერი ფიზიკური გამოფიტვა, რის გამოც შექმნილია დედაქანის ნაშალი მასა, რაც მასიური ქანისაგან პეტროგრაფიულ-მინერალოგიური შედგენილობით არსებითად არ განსხვავდება [1] და განიცდის გადაადგილებას, დახარისხებას მოძრავი წყლის, ყინულის, ქარისა და სიმძიმის ძალის გავლენით.

თბილისის მიდამოებში მოძრავი ნაშალბები ჭარბობს: ტუფოგენურ ქვიშაქვებზე თაბაშირის სიუხვით, თიხაფიქალებზე თაბაშირის მონაწილეობით, ქვიშაქვებზე მიკროკონგლომერატებით, ვულკანურ თიხიან ქვიშაქვებზე და ქვიშაქვებზე კენჭის მინარევით.

იმისდა მიხედვით, თუ მოძრავი ნაშალი მასა რომელი ქანების გამოფიტვის შედეგადაა წარმოქმნილი, სხვადასხვა გრანულომეტრული შედგენილობით ხასიათდება. ის ქანები, რომლებიც უფრო მტკიცეა, ძნელად ურთიერთმოქმედებს გარემოს ელემენტებთან და უფრო მსხვილი გრანულომეტრული შედგენილობით ხასიათდება.

თბილისის მიდამოების მოძრავი ნაშალბები ხასიათდება: ქვა-მსხვილლორლიანი, მსხვილსილნარ-მტვრიანი, მსხვილსილნარ-საშუალო ქვიშნარი, მსხვილსილნარ-მსხვილქვიშნარი და მსხვილლორლიან-მსხვილსილნარი გრანულომეტრული შედგენილობით.

დედაქანის წვრილად დაქუცმაცება და მისი მოძრაობა ჰქმნის ფართო შე-  
საძლებლობას ნაშალი მასის ურთიერთობისათვის გარემოს ელემენტებთან, რის  
შედეგადაც დასაბამი ეძლევა ქიმიურ გარდაქმნებს, რომელიც თავის მხრივ  
მასზე დასახლებულ მცენარეულობასთან კავშირში საწყისს აძლევს ნიადაგწარ-  
მოქმნის პროცესებს.

სუბსტრატის მოძრაობა საშუალებას იძლევა მრავალნაირი ბიომორფების  
განვითარებისათვის, რაც კარგად ჩანს მოძრავი ნაშალების მცენარეულობის  
ბიოლოგიური სპექტრიდან.

სპექტრი		
ბიომორფა	სახეობათა რიცხვი	%
Ph ნანო	4	10,2
Ch	5	12,8
H	14	35,9
Kr	2	5,1
T	14	35,9

ნაშალის მოძრაობას ეგუებთან ისეთი მრავალწლოვანი მცენარეები, რომლებიც ხასიათდებიან მიწისქვეშა გამსხვილებული ღეროთი და მძლავრი ფესვთა სისტემით. ისინი კარგად ვითარდებიან და ანელებენ ნაშალი მასის მოძრაობას. ამით ამზადებენ სუბსტრატს სხვა მცენარეების დასასახლებლად. მათ ფესვთა სისტემა ნაშალის ჰორიზონტალურად აქვთ განვითარებული და წვერი უძრავ სუბსტრატზეა მიმაგრებული. ასეთებია: *Rumex scutatus*

*L.*, *Dianthus orientalis* Adam, *Asperula glomerata* (M. B.) Grsb., *Artemisia fasciculata* M. B. *Parietaria judaica* Strand, *Teucrium orientale* L., *Silene iberica* M. B. და სხვ.

თბილისის მიდამოებში მოძრავი ნაშალების მცენარეულობის განხილვისას უნდა გავარჩიოთ ორი მოვლენა.

პირველი — როცა მოძრავი ნაშალი მასა ახალია, ნაშალი მასის სიღრმე 10—15 სმ არ აღემატება. ადგილი აქვს დედაქანის ძლიერ ფიზიკურ და შედარებით სუსტ ქიმიურ გამოფიტვას. მიღებული ნაშალი მასა ხასიათდება წყლისა და ჰაერის შეღწევადობის თვისებით, თუმცა მას არ ძალუძს მიღებული წყლის მარაგის შენახვა. თავის მხრივ შექმნილი თვისება ფართო გასაქანს აძლევს ნაშალ მასას და გარემოს ელემენტებს შორის ახალი რიგის ურთიერთობას. ასეთი ნაშალები ძირითადად მდებარეობენ მოძრავი ნაშალების თავზე, რომელზედაც ვითარდება ზოგან აგრეგაცია და აგლომერაცია და ზოგან ფსევდოაგრეგაცია.

აგრეგაციები (თბილისის მიდამოებში) მოძრავი ნაშალების ამ საფეხურზე განვითარებულია ვარაზისხევში, წყნეთთან, ბეთანიასთან, ბაგებთან და სხვაგან. ის შექმნილია ზოგან *Satureia laxiflora* C. Koch-ით, ზოგან კი *Cleome ornithopodioides* L. მიერ. რაც შეეხება აგლომერაციას, ის უფრო კარგადაა გამოსახული და შექმნილია: *Satureia laxiflora* C. Koch, *Cleome ornithopodioides* L. და *Teucrium orientale* L.-ით (ვარაზისხევი, წყნეთის მიდამოები, ბაგებთან, დელისის ქედის სამხრეთი ფერდობი, ბეთანია და პანტიანის მიდამოები). ზოგან კი შექმნილია *Cleome ornithopodioides* L., *Reichardia dichotoma* (M. B.) Roth. და *Convolvulus arvensis* L. (ახალდაბა—წყნეთის მიდამოები, ბეთანია და სხვ.).



როგორც აგრეგაცია, ისე აგლომერაცია ვითარდება უმეტესად ისე თ ნაწილებზე, რომლებიც წარმოქმნილია ქვიშაქვებისაგან მიკროკონგლომერატებით, ვულკანური თიხაქვიშაქვების, თიხათიქალებისა და ქვიშაქვებისაგან თაბაშირის ქარბობით.

გრანულომეტრული შედგენილობით აგრეგაცია და აგლომერაცია ერთნაირია. ისინი ზოგან მსხვილლორდიან-მსხვილსილნარია და ზოგან მსხვილსილნარ-მსხვილლორდიანი. ამის საპირისპიროდ ჰუმუსის შემცველობა მკვეთრად განსხვავებულია, აგრეგაციის შემთხვევაში 0,72—0,85%-ს უდრის, აგლომერაციის დროს კი—0,95—1%-ს (ნიმუში ორივე შემთხვევაში 15 სმ სიღრმეიდანაა აღებული).

იშვიათად, მაგრამ მაინც შეიმჩნევა განვითარება ფსევდოაგრეგაციის, რაც შექმნილია *Cynanchum funebre* (Boiss. et Ry) Kuhn.-საგან და გვხვდება დელისის ქედზე და ვარაზისხევეში, ხოლო მდ. ვერეს ხეობაში *Rumex scutatus* L.-ით.

გრანულომეტრული შედგენილობით მსხვილლორდიან-მსხვილქვიშიანია. ჰუმუსის შემცველობით აგლომერაციას უახლოვდება—0,94%-ს.

მეორე — როცა მოძრავი ნაშალი მასა უფრო ხანდაზმულია. მასში აქტიურად მიმდინარეობს ქიმიური გარდაქმნები და ადგილი აქვს ნიადაგწარმოქმნის პროცესებს. ამ შემთხვევაში შექმნილია შედარებით ხელსაყრელი პირობები მცენარეთა დასახლებისათვის.

ასეთ მოძრავ ნაშალებზე მრავალწლოვნებიდან სახლდება: *Salvia verbasifolia* M. B., *Asperula glomerata* (M. B.) Grsb., *Artemisia fasciculata* M. B., *Rumex scutatus* L., *Cynanchum funebre* (Boiss. et Ry) Kuhn., *Parietaria judaica* Strand და სხვა; ერთწლოვნებიდან: *Rapistrum rugosum* (L.) All. *V. gummocarpum* Trautv., *Silene iberica* M. B., *Cleome ornitho podioides* L. v. *Stipitata* Boiss., *Satureia laxiflora* C. Koch, *Melilotus albus* Dsr., *Alyssum hirsutum* M. B., *Linaria simplex* D. C. და სხვა.

ჩამოთვლილი მცენარეები აღნიშნულ პირობებში ივითარებს მნიშვნელოვან მასას. დროთა განმავლობაში ამ მცენარეებს ეყრება დაშლილი დედაქანის წვრილი ნამტვრევები და იწყება ნაშალის მასის დაგროვების პროცესი. ამის შედეგად ვითარდება მეტნაკლები სიძლიერის ნიადაგოვანი ფენა; ამასთან დაკავშირებით კი მცენარეულობა იღებს სხვაგვარ ხასიათს [2]. ნიადაგის თანდათანობითი ჩამოყალიბება იძლევა მცენარეული საფარის სტრუქტურის გართულებას; ეს უქანასკნელი კი იწვევს დაკორდების პროცესებს [3].

მოძრავი ნაშალები, როგორც ამას პ. ბარანოვის მიერ ჩატარებული ცდების [4] მონაცემები გვიჩვენებს და ჩვენი დაკვირვებიდანაც ირკვევა, მოძრაობას განიცდის გაზაფხულსა და შემოდგომაზე, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს აღნიშნული პერიოდების ნალექიანობასთან, ზაფხულის განმავლობაში ნალექები შედარებით ნაკლებია და მოძრაობა ნაშალი მასისა მცირეა. თბილისის მიდამოებში ნალექების მაქსიმუმს ქარების მაქსიმუმიც ემთხვევა. ორივე ფაქტორი ბშირად ერთიმეორეს ცვლის და აღნიშნულ პერიოდებში ნაშალი მასა მეტნაკლებად მუდმივ მოძრაობაშია.

თბილისის მიდამოებში მოძრავი ნაშალების სიღრმე ნაშალი ფართობის შუაწელში 35—50 სმ-ის ფარგლებში იცვლება, ხოლო ფუძესთან, იმისდამიხედვით, თუ რა ხნოვანებისაა ნაშალი მასა, 1—1,5 მ აღწევს.

მოძრავ ნაშალებზე ზემოთ აღნიშნული მცენარეების განვითარების შემდეგ დასახლებას იწყებს მერქნიანები, რომელთაგან აღსანიშნავია: *Astragalus pycnophyllus* Stev., *Paliurus spina Christi* Mill., *Rhus coriaria* L. და ზოგან *Ailanthus altissima* (Mill.) Wingle.

აღნიშნულნი ძალიან სწრაფად მოიწევენ წინ. ამასთან ძეძვი დიდი პროდუქციულობით ხასიათდება და უფრო მეტად აღმონაცენით მრავლდება, ბოლო ორი კი—ამონაყარით. ნაშალის მოძრაობა (განსაკუთრებით წვიმიან წლებში) ხემყარალასა და თუთუბოსათვის სტიმულიზატორიცაა. მათ ფესვებზე ვითარდება უამრავი დამატებითი კვირტები, საიდანაც ზედაპირთან ახლო მოხვედრილი ფესვი სწრაფად იძლევა ამონაყარს.

აღნიშნული მერქნიანი მცენარეების განვითარების შემდეგ ნაშალი მასის მოძრაობა რამდენადმე შენელებულია და მათ ქვეშ თავშესაფარს პოულობს ისეთი მცენარეები, როგორიცაა: *Erodium cicutarium* L' Her., *Senecio vernalis* W. et R., *Arenaria serpyllifolia* L., *Callipeltis cucularia* (L.) Dc., *Holosteum marginatum* C. A. M., *Pterotheca marschalliana* (Rchb.) A. Grossh. და სხვა; მრავალწლოვნებიდან: *Scutellaria orientalis* L.

მოძრავი ნაშალების ამ საფეხურზე ჩამოთვლილი მცენარეების გვერდით უკვე ჩნდება მარცვლოვნები, რომელთაგან ზოგიერთი მნიშვნელოვანი დამკორდებელია. მაგ., *Bromus biebersteini* R. et Sch. და *Melica transsilvanica* Schur. ჰუმუსის შემცველობა ნაშალში 15 სმ სიღრმეზე 1,34—1,45%-ს აღწევს.

კლიმატური პირობების მკვეთრი გავლენა მოძრავი ნაშალების მცენარეულობაზე უფრო კარგადაა გამოსახული, ვიდრე სხვა რომელიმე ჯგუფის ნაშალების მცენარეულობის შემთხვევაში. ნაშალი მასა რამდენადმე მუდმივ გადანაცვლებას განიცდის ერთი ადგილიდან მეორეზე, მცირე სიღრმისა და (სხვადასხვა მიზეზების გამო) ტენით ადვილად ღარიბდება. ამას ადასტურებს 1963 წლის ტენიანობის მონაცემები გაწვიმებიდან 15 დღის შემდეგ. მოძრავი ნაშალების ზედაპირის ტენიანობა ვარაზისხევეში 3,2%-ია, 20 სმ სიღრმეზე—5,9%. მაშინ, როცა ნახევრად მოძრავ ქვისლოდებიან ნაშალებზე თუთიანთხევეში ზედაპირი ქვებს ქვეშ 5,1% და 20 სმ სიღრმეზე 8,1%-ს უდრის.

მოძრავ ნაშალებზე გაბატონებული მდგომარეობა (სახეობათა რიცხვის მიხედვით) ერთწლოვან მცენარეებს ეკუთვნის და რამდენადმე დიფუზურადაა გავრცელებული. მაგრამ ერთწლოვან მცენარეთა ეს მდგომარეობა არ არის მყარი. იგი იცვლება გარემოეკოლოგიურ ფაქტორებთან დაკავშირებით და სხვადასხვა წლებში განსხვავებულია. მაგ., 1963 წელი ხელსაყრელი კლიმატური პირობებით ხასიათდებოდა (უხვი ნალექების გამო—779,6 მმ), ვიდრე 1964 წელი (326 მმ), რამაც თავის გამოხატულება ჰპოვა, როგორც სახეობათა რაოდენობრივ შედგენილობაში, ისე თვით სახეობის სიმრავლეშიც. მაგ., 1963 წლის 16 მაისს შედგენილ სიაში (ვარაზისხევი, ნაკვ. № 6) სახეობათა საერთო რიცხვი 30-ს უდრის, ხოლო 1964 წლის 28 მაისს შედგენილ სიაში (იმავე ნაკვეთზე) 24-ს არ

აღმეტება. ერთწლოვან მცენარეთა რ სახეობა არ აღმოცენდა, ხოლო რიგი ერთწლოვანების სიმრავლე მინიმუმამდე შემცირდა. მაგ., *Rapistrum rugosum* (L.) V. *gymnocarpum* Trautv. სიმრავლე 1963 წელს Cop'-ით აღინიშნა, 1964 წელს კი Sp'-ს არ აღმეტებოდა. *Silene iberica* M. B. 1963 წელს Cop<sup>3</sup>, ხოლო 1964 წელს Sp'-მდე შემცირდა.

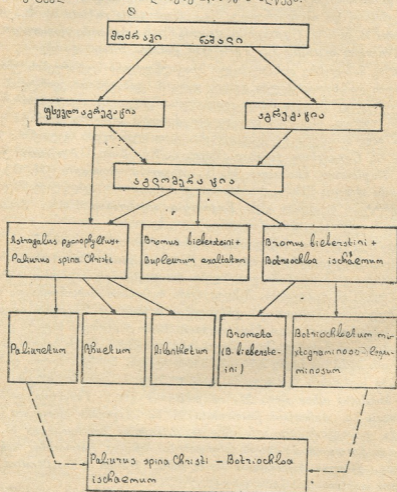
მოდრავ ნაშალებზე ყველა ერთწლოვანი მცენარის განახლება აღმონაცენით ხდება, ხოლო ორ- და მრავალწლოვანი ბალახოვანი მცენარეების უმრავლესობისათვის დამახასიათებელია ამონაყარით განახლება; ზოგიერთი კი მრავლდება აღმონაცენითაც და ამონაყარითაც მაგ., *Onobrychis radiata* M. B., *Bromus biebersteini* R. et Sch., *Gypsophila stevenii* Fisch., *Asperula glomerata* (M. B.) Grsb., *Teucrium orientale* L., *Parietaria judaica* Strand და სხვ.

მოდრავ ნაშალებზე დასახლებული მრავალწლოვანი მცენარეების უმრავლესობისათვის დამახასიათებელია ფესვის ყელთან დამატებითი კვირტების არსებობა, რომლებიც ნაშალი მასით დაფარვის შემდეგ სწრაფად ვითარდება და ამონაყარს იძლევა, ისე, რომ თითოეული ძირიდან მრავალი ყლორტი ვითარდება და ბალიშისებური ბუჩქები იქმნება. ასეთ მცენარეებს ეკუთვნის: *Rumex scutatus* L., *Cynanchum funebre* (Boiss. et Ry) Kusn., *Parietaria judaica* Strand, *Bupleurum exaltatum* M. B., *Asperula glomerata* (M. B.) Grsb., *Gypsophila stevenii* Fisch., და სხვ. ხოლო ზოგიერთ მრავალწლოვანს დამატებითი კვირტები ფესვებზე აქვს: *Euphorbia sequieriana* Neck., *Scutellaria orientalis* L., *Salvia verbascifolia* M. B. და სხვ.

ხანდაზმულ მოძრავ ნაშალებზე, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სახლდება *Astragalus pycnophyllus* Stev. და *Paliurus spina*—Christi Mill., რომელთაგან დროთა განმავლობაში ვითარდება *Astragalus pycnophyllus* + *Paliurus spina*—Christi-ის დაჯგუფება. შემდეგ ძეძვი თანდათან ბატონდება და იქმნება წმინდა ძეძვიანის (*Paliuretum*) დაჯგუფება, რომელსაც ზოგიერთ ადგილებში ცვლის *Ailanthetum*-ისა და *Rhus coriaria* L.-ს დაჯგუფება პატარა ფრაგმენტების სახით. ამ შემთხვევაში ნაშალი მასა თითქმის გამაგრებულია. ჰუმუსის შემცველობა 20 სმ სიღრმეზე 2,76—2,95%-ს აღწევს. ბუჩქებს შორის დარჩენილ ადგილებზე (ძეძვიანის შემთხვევაში) დასახლებულია ისეთი მცენარეები, როგორცაა: *Melilotus albus* Dsr., *M. neapolitanus* Ten., *Teucrium polium* L., *T. orientale* L., *Artemisia fasciculata* M. B., *Asperula glomerata* (M. B.) Grsb. და განსაკუთრებით აღსანიშნავია *Astragalus brachycarpus* M. B. და *Verbascum formosum* Fisch.-ის განვითარება. შემდეგ: *Botriochloa ischaemum* (L.) Reng., *Bromus biebersteini* R. et Sch., *Melica transsilvanica* Schur, *Diplachne serotina* (L.) Link და სხვ.

აღნიშნული სინგენეზური პროცესი მიმდინარეობს ისეთ მოძრავ ნაშალებზე, რომელიც წარმოქმნილია: ქვიშაქვებისაგან მიკროკონგლომერატებით, ვულკანური თიხაქვიშაქვებისა და თიხაფიქალებისაგან, ხოლო ტუფოგენურ ქვიშაქვებზე, თიხაფიქალებზე თაბაშირის მონაწილეობით და ქვიშაქვებზე თაბაშირის კარბობით, სინგენეზური პროცესი განსხვავებულია.

თბილისის მიდამოებში (უმთავრესად ჩრდილოეთისაკენ მიქცეულ ფერდობებზე, სადაც მოძრავი ნაშალები შედარებით ტენიანია) ერთ შემთხვევაში ვითარდება *Bromus biebersteini* + *Bupleurum exaltatum*-ის დაჯგუფება, მეორე შემთხვევაში (სამხრეთ და სამხრეთ-დასავლეთისაკენ მოქცეულ ფერდობებზე) — *Bromus biebersteini* + *Botriochloa ischaemum*-ის დაჯგუფება. აღნიშნული დაჯგუფების განვითარების შემდეგ ნაშალი მასა თითქმის გამაგრებულია. ამ საფეხურზე ინტენსიურად მიმდინარეობს ნიადაგწარმოქმნელი პროცესები და ჰუმუსის შემცველობა 20 სმ სიღრმეზე 2,97%-ს აღწევს.



ნახ. 1

საბოლოოდ აღნიშნულ ნაშალებზე ზოგან ვითარდება *Brometa* (*Bromus biebersteini* R. et Sch. მიერ შექმნილი), უმთავრესად იმ ადგილებში, სადაც თაბაშირის ჭარბობა იგრძნობა (ვირაზის ხევი, ვერის ხეობა და წყნეთის მიდა-

მოები), ზოგან კი *Botriochloetum mixtograminoso—leguminosum* — უროიანი ნარევმარცვლოვნებით და პარკოსნებით (ვერის ხეობა, წყნეთის მიდამოები და ვარაზის ხევი). ამ საფეხურზე თბილისის მიდამოებში მოძრავი ნაშალები გამავრცელებულია.

*Paliuretum*-ისა და *Botriochloetum mixtograminoso-leguminosum*-ის კონტაქტის შედეგად საბოლოოდ ვლდებულობთ ძეძვიან-უროიანს, რომელიც ფართოდ და კარგადაა გამოსახული თბილისის მიდამოების მოძრავი ნაშალების მცენარეულობის დაჯგუფებათა შორის.

მოძრავი ნაშალების მცენარეულობის სინგენეზური პროცესი გრაფიკულად გამოსახულია ნახ.-ზე.

ამრიგად, საკუთრივ მოძრავი ნაშალები თბილისის მიდამოებში ხასიათდება უკიდურესად ქსეროფილური მცენარეულობით. მასზე სახლდება როგორც ბალახოვანი, ისე მერქნიანი ქსეროფილური მცენარეები. ხელსაყრელ კლიმატურ პირობებში მცენარეთა დასახლების პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს, რის შედეგად მოძრავი ნაშალი მაგრდება.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 20.6.1966)

БОТАНИКА

П. Г. ГИОРГАДЗЕ

## РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖУЩИХСЯ ОСЫПЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ТБИЛИСИ

Резюме

В работе описан сингенетический процесс растительности осыпных местообитаний окрестностей Тбилиси и графическое изображение его ступеней. Установлено, что движущиеся осыпи (в окрестностях Тбилиси) характеризуются крайне ксерофильными условиями. На них селятся как травянистые, так и древесные растения. В благоприятных условиях процесс заселения растениями происходит интенсивно, вследствие чего указанные осыпи закрепляются.

დაამუშავებულნი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. ვილიამსი. ნიადაგმცოდნეობა, ნაწ. I, თბილისი, 1939.
2. Д. И. Сосновский. Процессы исчезновения лесов в ближайших окрестностях Тифлиса. Изд. Кавказ. отд. Русского географического о-ва, т. XXIII, 1, 1915.
3. ა. კაკულია. თბილისის მიდამოების ზამთრის საძოვრების შესწავლისათვის. თბილისის ბოტანიკური ინსტიტუტის შრომები, ტ. VIII, თბილისი, 1942.
4. П. А. Баранов. К познанию растительности горных каменистых осыпей. Бюллетень САГУ, вып. 9, Ташкент, 1925.



მიმცენარეობა

ლ. ბიორბაძე

სასილოსე სიმინდის ჯიშთაშორისო ჰიბრიდი „დიღმურა 3“

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. მენაბდეშ 10.2.1966)

კულტურულ მცენარეთა ახალი ჯიშების გამოყვანის საქმეში ჰიბრიდიზაციის როლი საყოველთაოდ ცნობილია. ამჟამად ჰიბრიდული სიმინდი მსოფლიოს ყველა კუთხეში ითესება, სადაც კი მისი მოყვანისათვის შესაფერისი კლიმატური პირობები არსებობს.

ჩარლზ დარვინი იყო პირველი მკვლევარი, რომელმაც ჰიბრიდიზაციის პროცესს მისცა მეცნიერული საფუძველი. მან მიუთითა ე. წ. ჰიბრიდულ ძალაზე (ჰეტეროზისზე), კერძოდ მის მნიშვნელობაზე — სიმინდში. მან დაამტკიცა, რომ აღნიშნული ძალა მცენარეებში ვლინდება იმ შემთხვევაში, თუ შეჯვარების დროს ერთდება განსხვავებული მემკვიდრული ნიშან-თვისების მატარებელი წყვილები. ამ აღმოჩენამ გზა უჩვენა შემდგომი პერიოდის მკვლევარებს, აეხსნათ ის საიდუმლოებანი, რომელზედაც აგებულია სიმინდის თანამედროვე ჰიბრიდული ჯიშების მიღება. ასე, მაგ., ამერიკელმა მკვლევარმა ბილმა 1876 წელს პირველად დააყენა ცდა ჰიბრიდული ძალის გამოყენებით სიმინდის თესლის გასაუმჯობესებლად. რაც შეეხება სიმინდის მოსავლიანობის გადიდების ძირითადი მეთოდების დადგენას, რომელმაც პრაქტიკაში დიდი გამოყენება პოვა, ეკუთვნის ცნობილ ამერიკელ მკვლევარებს: შელსა და ჯონსის.

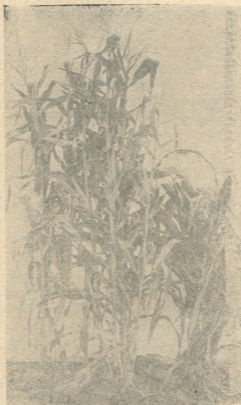
ამჟამად საწარმოო პრაქტიკაში სიმინდის მოსავლიანობის გადიდების ძირითად წყაროდ აღიარებულია ჯიშხაზობრივი, სამხაზოვანი და ორმაგი ჰიბრიდების თესლის თესვა. თუმცა ყურადღების ღირსია ზოგიერთი ჯიშთაშორისი ჰიბრიდებიც, განსაკუთრებით კი ისეთები, რომელთა მშობლები სიმინდის სხვადასხვა ბოტანიკურ-სისტემატიკურ ჯგუფს მიეკუთვნება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ბოტანიკის ინსტიტუტში სიმინდის ფორმათა ნაირსხვაობის შესწავლის პროცესში ყურადღება მიიქცია სიმინდის ადგილობრივი ჯიშების აჯამეთის თეთრისა და ტკაცუნა საგვიანოს ნიმუშებმა, რომელთა ნიშან-თვისებების აღწერა მოცემულია 1 ცხრილში.

ამ ორი ჯიშის პირდაპირი და უკუშეჯვარების შედეგად მიღებულ იქნა დიდი სასილოსე მასის მომცემი ჰიბრიდები: „დიღმურა 1“ და „დიღმურა 2“ (იხ. სურ. 1 და 2; 1—დედა მშობლისა; 2—ჰიბრიდული თაობისა; 3—მამა მშობლისა).

## ცხრილი 1

ნიშან-თვისებათა დახასიათება	სიმინდის ნიმუშები	
	აჭამეთის თეთრი	ტკაცუნა საგვიანო
	კატ. № 1, ნახევრად კბილა ფორმა	კატ. № 253 თავგადაღუ- სილი ფორმა
მცენარეთა სიმაღლე სმ-ით	259—320	140—170
ფოთოლთა რაოდენობა მთავარ ღეროზე	14—18	12—16
ფოთოლთა რაოდ. ბარტყების ჩათვლით	16—22	50—60 და მეტი
ფოთოლთა განვითარება ტაროზე	სუსტი	ძლიერი
ტაროთა რაოდენობა მცენარეზე	1—2	10—11 და მეტი
ბარტყობისადმი მიდრეკილება	სუსტი	ძლიერი
ტაროზე მწკრივთა რაოდენობა	10—12—14	10—12—16
საქუჩის ფერი	თეთრი	თეთრი
მარცვლის ფერი	თეთრი	მკრთალი ყვითელი
1000 მარცვლის წონა	400—500	60—80 გრ
მცენარის სავეგეტაციო პერიოდი (დღეები)	135—145	165—180



სურ. 1

1 2 3

ფოტოსურათებიდან ნათლად ჩანს, რომ ჰიბრიდულ მცენარეებში მოცემუ-  
 ლია ორივე მშობლის სასარგებლო ნიშან-თვისებები, როგორცაა ბარტყობა,

პრაველტაროიანობა, და სიმაღლე, რაც სასილოსე მასას მნიშვნელოვნად ზრდის. აღნიშნული ჯიშების შეჯვარების შედეგად მიღებულ ჰიბრიდთა სავეგეტაციო პერიოდი თითქმის იმავე ხანგრძლივობისაა, როგორც იყო შეჯვარებაში მონაწილე უფრო ადრეული მშობელი აჯამეთის თეთრი. მიღებული ჰიბრიდი დიღმურა 1 მისი ადრეულობის გამო გამოყენებულ იქნა დედა მშობლის როლში აჯამეთის თეთრთან განმეორებით შეჯვარების დროს. ეს შეჯვარება იმისთვის ჩატარდა, რომ, ერთი მხრივ, გვსურდა მიღებულ ჰიბრიდულ თაობაში გაგვეძლიერებინა აჯამეთის თეთრისათვის დამახასიათებელი ისეთი ნიშან-თვისებები, როგორიცაა მცენარის ვეგეტაციური ნაწილები და ტაროს ზომა-წონა, ხოლო, მეორე მხრივ, გვსურდა გაგვემარტივებინა მშობელთა თესვის ორგანიზაცია საჰიბრიდიზაციო ნაკვეთზე, ე. ი. თავიდან აგვეცილებინა აჯამეთის თეთრის (მისი ადრეულობის გამო) 30—35 დღით დაგვიანებით თესვა, რაც ხდებოდა პირველადი შეჯვარების დროს.



1 2 3

სურ. 2



სურ. 3

ამგვარად, მიღებულ იქნა ჰიბრიდი „დიღმურა 3“ (იხ. სურ. 3), რომლის შედარებითი შემოწმება ჩატარდა დიღმის ექსპერიმენტულ ბაზაზე 1963 და 1964 წლებში ოთხ განმეორებაში (დანაყოფი 100 კვ. მეტრი), სადაც საკონტ-





როლოდ გამოყენებულ იქნა (როგორც ჰიბრიდების მშობლები, ისე დარაიონებული ჯიში „ქართული კრუვი“ (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

დასახელება	სასილოსე მასა ცენტრებით ჰექტარზე			მატება ჰიბრიდის სასარგებლოდ		საევეტაციო პერიოდი* (დღეებით)
	1963	1964	2 წლის საშ.	ცენტრ. ჰექტარზე	%	
აჯამეთის თეთრი (კატ. 1), მშობელი	460,3	628,0	554,2	115,7	24,0	106
ტკაცუნა საგვიანო (კატ. 253)	449,0	513,5	486,2	42,7	9,8	136
ჰიბრიდი „დიღმურა 1“ (აჯამეთის თეთრი X ტკაცუნა საგვიანო)	892,1	818,0	855,0	416,5	94,7	108
ჰიბრიდი „დიღმურა 2“ (ტკაცუნა საგვიანო X აჯამეთის თეთრი)	729,0	730,5	729,7	291,2	66,4	110
ჰიბრიდი „დიღმურა 3“ (ჰიბრიდი „დიღმურა 1“ X აჯამეთის თეთრი)	976,7	895,0	935,8	497,3	113,4	108
სტანდარტი „ქართული კრუვი“	305,0	575,0	438,5	—	—	107

\* ნაგულისხმევია დრო მცენარის აღმოცენებიდან რძისებრ-ცვილისებრ სიმწიფემდე.

როგორც ირკვევა, „აჯამეთის თეთრისა“ და „ტკაცუნა საგვიანოს“ ურთიერთ შეჯვარების დროს მაღალპროდუქციული ჰიბრიდი იმ შემთხვევაში მიიღება, როცა შეჯვარებაში „აჯამეთის თეთრი“ დედამშობლად არის გამოყენებული. ამ წესით მიღებული ჰიბრიდის მოსავლიანობა სტანდარტს 94,7%-ით, ხოლო მშობლებს—57,1—75%-ით აღემატება. უკუშეჯვარების დროს მოსავლის მატება სტანდარტთან შედარებით 66%-ს შეადგენს, ხოლო მშობლებთან შედარებით—34—50%-ს. რაც შეეხება რთულ ჰიბრიდს („დიღმურა 3“), იგი მოსავლიანობით სტანდარტს აჭარბებს 113,4%-ით, ხოლო მშობლების მიმართ გადაჭარბება 9,4-დან—94,6%-ის ზღვრებში მერყეობს.

ამგვარად, ჩამოთვლილ ჯიშთაშორისი ჰიბრიდებიდან ყველაზე პერსპექტიულად უნდა ჩაითვალოს ჰიბრიდი „დიღმურა 3“.

დასკვნა

1. სასილოსე ჰიბრიდი „დიღმურა 3“, რომელიც მიღებულია „აჯამეთის თეთრის“ და „ტკაცუნა საგვიანოს“ შეჯვარებით, რთული ჯიშთაშორისი ჰიბრიდია; მისი მოსავლიანობა ჰექტარზე (სასილოსე მასა რძისებრ-ცვილისებრ სიმწიფეში) საშუალოდ 936 ცენტნერს შეადგენს.

2. აღნიშნული ჰიბრიდის მისაღებად პირველყოვლისა საჭიროა შეჯვარება ჩატარდეს „აჯამეთის თეთრისა“ და „ტკაცუნა საგვიანოს“ შორის, ხოლო მიღებული ჰიბრიდები კვლავ უნდა დაიმტკეროს საადრეო მშობლის „აჯამეთის თეთრის“ მტვერით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ბოტანიკის ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვიდა 10.2.1966)

Л. С. ГИОРГАДЗЕ

## МЕЖСОРТОВОЙ ГИБРИД СИЛОСНОЙ КУКУРУЗЫ ДИГМУРА-3

### Резюме

В настоящее время в производственной практике основным источником увеличения урожайности кукурузы принято считать сортолинейные, трехлинейные и двойные гибриды. Несмотря на это, как показали некоторые исследования, не лишены интереса и межсортные гибриды, в особенности те, родители которых относятся к различным ботанико-систематическим группам.

В Институте ботаники АН ГССР в процессе изучения разнообразия форм привлекли внимание отдельные образцы местной, грузинской кукурузы — Аджаметис тетри *Z. m. semidentata* Rulesch. var. *leucodon*. и Ткацуна сагвиано — *Z. m. everta* Sturt. var. *gracillima*.

Означенные разновидности кукурузы значительно различаются по продолжительности вегетационного периода и показателям роста и развития.

В результате реципрокного скрещивания этих форм (для обеспечения одновременного цветения которых ранний из родителей — Аджаметис тетри был высеян на 30—35 дней позже Ткацуна сагвиано) были получены высокоурожайные гибриды с более коротким, чем у Ткацуна сагвиано, вегетационным периодом, а именно Дигмура-1 с урожаем силосной массы 855 ц/га и Дигмура-2 с урожаем силосной массы 729 ц/га (рис. 1, 2).

В целях увеличения урожайности гибрида было проведено скрещивание урожайного гибрида Дигмура-1 вторично с Аджаметис тетри. В данном случае родители, имевшие одинаковую продолжительность вегетационного периода, высеивались одновременно и в результате был получен гибрид Дигмура-3 (рис. 3), урожай которого (силосная масса в фазе молочно-восковой зрелости) на 1 га составил 936 ц, чем была превышена урожайность силосной массы стандартного сорта Картули круги на 113,4%.

На основании приведенных данных считаем, что гибрид Дигмура-3 представляет определенный интерес для производства.

В настоящее время продолжается работа по созданию семенного фонда, необходимого для широкого испытания данного гибрида в производственных условиях.

### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Ю. Абесадзе. Некоторые материалы по межсортной гибридизации кукурузы Грузинской ССР. Труды Грузинского СХИ, 49, 1958.
2. М. В. Глиникова. Кукуруза — важнейший резерв увеличения производства кормов. Совхозное производство, № 2, 1959.
13. „მეცნიერება“, XLVI, № 1, 1967

3. ლ. ს. გიორგაძე. Некоторые интересные грузинские формы кукурузы. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1963.
4. ლ. ლ. Декапрелевич. Сортовой состав кукурузы Грузии и его улучшение. Труды Грузинского СХИ, 49, 1958.
5. П. Ф. Ключко. Особенности гибридов кукурузы от прямых и обратных скрещиваний. Труды научной сессии биологов, посвященной 40-летию Великой Октябрьской социалистической революции, Одесса, 1959.
6. Мангельсдорф. Гибридная кукуруза. ИЛ, М., 1955.
7. Б. П. Соколов. К методике гибридизации при использовании родительских форм разной скороспелости. Кукуруза, № 6, 1959.
8. Дж. Шелл. Возникновение концепции гетерозиса. ИЛ, М., 1955.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Б. М. КАВТЕЛАДЗЕ, Н. М. ДАТУКИШВИЛИ

СОДЕРЖАНИЕ Sr-90 В ЛИСТЬЯХ И ПЛОДАХ НЕКОТОРЫХ  
ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

(Представлено академиком Л. И. Джапаридзе 3. 6. 1966)

Известно, что мельчайшие частицы радиоактивных веществ, осаждающиеся на земной поверхности, усваиваются растительными организмами так же, как и другие необходимые им элементы. Установлено также, что означенные выше вещества поглощаются растениями главным образом через листья [1—3]. Поэтому цикл биологической миграции радиоактивных веществ можно представить следующим образом: растение → животное → человек, при этом из круговорота веществ исключается почвенный фактор.

Среди радиоактивных веществ, находящихся в атмосфере, наибольшее внимание уделяется Sr-90, поскольку он имеет довольно мощную энергию излучения, продолжительный период полураспада и наряду с этим активно участвует в биологическом круговороте веществ.

Исходя из вышесказанного целью нашего исследования—изучить содержание и распределение осаждающегося из атмосферы радиостронция в различных органах некоторых плодовых сортов, распространенных в Грузинской ССР.

В 1964 г. из учебно-исследовательского совхоза с. Мухрани нами были собраны листья и плоды различных плодовых культур в период технической спелости.

Содержание Sr-90 определялось согласно методике, разработанной сотрудниками Института атомной энергии.

Результаты анализов (см. таблицу) показывают, что листья всех изучаемых нами плодовых сортов содержали радиостронция больше, нежели развивающиеся на тех же деревьях плоды.

Не отмечается какой-либо прямой зависимости в распределении Sr-90 между листьями и плодами, взятыми с одних и тех же деревьев. Так, листья черешни Майская ранняя, по сравнению с листьями сорта Дрогана желтая, содержали в 5 раз больше Sr-90, тогда как при сравнении плодов последний сорт содержит больше радиостронция. Подобное несоответствие можно видеть и в остальных случаях. Этот факт дает возможность предположить, что отсутствует какое-либо значительное передвижение радиостронция из листьев в плоды, так как в противном случае существовала бы определенная зависимость в распределении этого элемента между листьями и плодами. Об отсутствии передвижения радиостронция из листьев в плоды указывается в ряде других работ с однолетними растениями [4—6].

Содержание Sr-90 в листьях и плодах некоторых плодовых культур  
(радиоактивность  $\times 10^{-10}$  кюри/кг сырого веса)

С о р т	Время отбора	Ли- стья	Плоды	С о р т	Время отбора	Ли- стья	Плоды
Черешня				Персик			
Дрогана желтая	Июнь	1,03	0,36	Молозани	Сентябрь	8,23	0,25
Майская ранняя	Май	5,72	0,31	Кезевадзе	Август	8,60	0,53
Авчальская поздняя	Июль	5,30	0,24	Хидиставский ро- зовый	"	6,95	0,21
Наполеон розовая	Июнь	14,60	0,59	Г р у ш а			
Слива				Вильямс	Июль	1,10	0,28
Венгерка итальянская	Август	4,57	0,24	Лесная красавица	Сентябрь	4,20	0,32
Великий Герцог	"	2,31	0,12	Бере Боск	"	9,03	0,93
Персиковая летняя	Июль	4,42	0,18				

Это явление приобретает особое значение в связи с вопросом о заражении продовольственных культур радиостронцием.

Что касается незначительного содержания Sr-90 в плодах, то оно должно быть обусловлено усвоением этого элемента непосредственно через кожуру плода, поскольку поступление радиостронция через корневую систему почти полностью исключается ввиду адсорбции его поверхностными слоями почвы [7, 8], в то время как активная зона корневой системы плодовых культур располагается довольно глубоко.

Из исследованных нами плодовых сравнительно большим содержанием радиостронция отличаются: груша Бере Боск, черешня Наполеон розовая и персик Кезевадзе. В остальных случаях содержание Sr-90 незначительное и в среднем составляет  $0,25 \cdot 10^{-10}$  кюри/кг.

Из оснований проведенного исследования можно заключить следующее:

1. Листья исследованных нами плодовых культур содержат больше Sr-90, чем плоды, развивающиеся на тех же деревьях.
2. Усвояемый некорневым путем радиостронций не переходит в плоды или же переходит в незначительном количестве.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт ботаники

(Поступило в редакцию 3.8.1966)

გვანამთა ფიზიოლოგია

ბ. კავთელაძე, ნ. მ. ნ. მ. დატუკიშვილი

Sr-90-ის შემცველობა სხვადასხვა ხეხილის  
ფოთლებსა და ნაყოფებში

რეზიუმე

შეისწავლებოდა რადიოსტრონიუმის (Sr-90) შემცველობა საქართველოში გავრცელებულ სხვადასხვა ხეხილის ფოთლებსა და ნაყოფებში. ჩატარებული ანალიზების შედეგად გამოირკვა, რომ ჩვენ მიერ შესწავლილი ყველა ხე-

ბილის ფოთლები რამდენჯერმე მეტ Sr-90-ს შეიცავს, ვიდრე იმავე მცენარეებზე განვითარებული ნაყოფები.

ფოთლებსა და ნაყოფებს შორის რადიოსტრონიუმის განაწილების მხრივ არ აღინიშნება პირდაპირი დამოკიდებულება, რაც გვაფიქრებინებს, რომ ფოთლების მიერ ფესვგარეშე შთანთქმული Sr-90, არ უნდა გადადიოდეს ნაყოფებში ან და იგი გადადის უმნიშვნელო რაოდენობით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. P. Ljaggren. Fall-out radioactivity in Southern Sweden. Nature, 186, N 4725, 1960.
2. J. D. Burton, G. M. Milbourn, S. R. Russel. Relationship between the rate of fall-out and the concentration of strontium-90 in human diet in the United Kingdom. Nature, 185, N 4712. 1960.
3. R. S. Russel, H. M. Squire, R. P. Martin. The effects of Operation Hurricane on plants and soils. A. E. R. E. Rept., Oxford, 1955. Цит. по книге: „Изотопы в сельском хозяйстве“, ИЛ, М., 1961.
4. H. B. Tukey Jr., H. B. Tukey Sr. The loss of organic and inorganic materials by leaching from leaves and other above-ground plant parts. Radiol isotopes soil-plant nutrit studies. Vienna, 1962, 289—302.
5. D. C. Martin. The absorption and translocation of radiostrontium by the leaves, fruits and roots of certain vegetable plants. Ph. D. Thesis, Michigan State University, 1954. Цит. по книге: „Изотопы в сельском хозяйстве“, ИЛ, М., 1961.
6. И. В. Гулякин, Е. В. Юдинцева. Поступление в растениях продуктов деления и их действие на растительный организм. Изв. ТСХА, № 3, 1956.
7. П. М. Чулков, Л. И. Курчатов и др. Содержание Sr-90 в почве и растительном покрове в окрестностях Москвы. Почвоведение, № 4, 1957, 28—34.
8. Ю. М. Штуккенберг. Доза от выпадающих продуктов атомных взрывов. В сб.: «Естественная радиоактивность». Медгиз, М., 1961.

ა. კახანი

მასალეზი ზეთისხილის ჩოფურინანობის გამომწვევის განვითარების  
თავისებურებათა შესწავლისათვის საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ყანჩაველმა 3.10.1966)

ზეთისხილზე გავრცელებულ ავადმყოფობათა შორის თავისი მანევობით მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ციკლოკონიოზს, ანუ ჩოფურინანობას.

საქართველოში ამ ავადმყოფობის გავრცელების შესახებ პირველ ცნობებს ა. როლოვი [1] იძლევა. მისი ცნობით, ახალი ათონის ოლქეარებში სოკო პირველად იქნა ნახული 1897 წელს. ასეთივე ცნობებს ვპოულობთ ზორაუერის [2] შრომებშიც.

1914 წელს ავადმყოფობა ვ. სემაშკოს [3] აღნიშნული აქვს სოხუმში. 1928 წელს პ. ნაგორნისა და ე. ერისთავს [4] სოხუმსა და ახალ ათონში.

1945 წელს ლ. ყანჩაველმა [5] აღწერა და საკმაოდ ვრცლად დაახასიათა აღნიშნული ავადმყოფობა.

1964—1966 წლებში ჩატარებული ჩვენი გამოკვლევებით, ციკლოკონიოზი ყველგანაა გავრცელებული, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოს ტენიან სუბტროპიკულ რაიონებში (სოხუმი, ეშერა, ახალი ათონი, ბიჭვინთა, გაგრა, განთიადი, დრანდის მიდამოები, ხეთა, მიაკოვსკი, საჩხერე, მახარაძე და სხვა), სადაც ავადმყოფობის გავრცელება 45—58 პროცენტს აღწევს.

აღმოსავლეთ საქართველოში (გურჯაანი, ლაგოდეხი) ავადმყოფობის გავრცელება 10 პროცენტს არ აღემატება, რაც ჰაერის სიმშრალითაა გაპირობებული.

ავადმყოფობის სიმპტომები. ციკლოკონიოზით ავადდება ზეთისხილის ფოთლის ფირფიტა და ყუნწი, იშვიათად ახალგაზრდა ტოტები და ხაყოფები. ფოთლის ზედა მხარეზე ჩნდება მუქი-ყავისფერი მომრგვალო ლაქები, ზომით 6—10 მმ; ხელსაყრელ პირობებში ლაქების რაოდენობა და ზომა იზრდება, ლაქები ერთმანეთს უერთდება და ფარავს ათელ ფირფიტას.

დასაწყისში ლაქა მუქია, შემდეგ ცენტრში მომწვანო-მონაცრისფრო ან მომწვანო-მოყვითალო ფერისა ხდება, ლაქა შემორკალულია მწვანე-ნაცრისფერი ან ყავისფერი არშიით. ზოგიერთ ჯიშზე (ართვინური, აგოსტინო, კორეჯილო და სანტა-კატერინა) ლაქები ყავისფერი ან შავია, მაგრამ კონცენტრულად არაა შემორკალული. იშვიათად ვითარდება აგრეთვე მოთეთრო ლაქები, რომელიც მომწიფების შემდეგ ვერცხლისფერში გადადიან. ეს უკანასკნელი, როგორც ლიტე-

რატურულ წყაროებშია მითითებული [6], შესაძლებელია სოკოსთან ერთად კუტიკულაში ჰაერის შეღწევის შედეგად წარმოიქმნას.

ფოთლის ყუნწზე ლაქა მუქი-ხავერდოვანია და მას ყავისფერი გადაჰკრავს. ყუნწდაავადებული ფოთლები ძლიერ ადრე ცვივა (დაავადებიდან მე-10-მე-15 დღეს). ნაყოფზე ლაქა ყუნწთან ახლო ვითარდება მომწვანო ლაქების სახით.

ციკლოკონიოზის გამომწვევი და მისი დახასიათება. ზეთისხილის ციკლოკონიოზს იწვევს სოკო *Cyloconium oleaginum* Cas. გამომწვევთან დაკავშირებით ავადყოფობას ხშირად ციკლოკონიუმსაც უწოდებენ.

სოკოს მიცელიუმი ნაცრისფერია ან მოყვითალო-ნაცრისფერი, გასქელებული, დატოტვილი, მრავალუჯრედიანი, ბუნებრივ პირობებში ნაყოფიანობის დროს სოკო არღვევს კუტიკულას, ჰიფები ფოთლის ზედაპირზე ამოდის და ჰქმნის ბატარა ამონაბურცებს, რომლებიც კონიდიოფორების დანიშნულებას ასრულებენ. კონიდიოფორები მუქი-ყავისფერია, მრგვალი ან მოგრძო, ზომით  $12-14 \times 10-12$  მიკრონი.

სპორები კვერცხისებრია, იშვიათად თირკმლისებრი. კონიდიოფორებზე მიმაგრების მხრიდან განიერი და მომრგვალოა, მოპირისპირე მხარეს კი წაგრძელებულ-წამახვილებული; ორუჯრედიანია, იშვიათად—ერთუჯრედიანი, მოყვითალო-მწვანე ფერისა, ზომით  $17-25 \times 10,5 \times 11$  მიკრონი. მომწიფებულ კონიდებს აქვს ცხიმის წვეთები.

ხელოვნურ სუბსტრატზე ციკლოკონიუმი არ იძლევა ბუნებრივისაგან ძლიერ განსხვავებულ ნიშნებს, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ კულტურაში სოკოს კოლონია სამ ფენად ვითარდება: ა) ქვედა ფენა სუბსტრატშია ჩაძირული. იგი თხელი ყავისფერი ჰიფებისაგანაა შემდგარი და ზოგჯერ დაყოფილია ქლამიდოსპორების მსგავსად; ბ) შუა ფენა მუქი ყავისფერი ან შავი მოკლე ჰიფებისაგან შედგება; გ) ზედა, ამობერილი ფენა შედგება მოყვითალო-ნაცრისფერი ჰიფებისაგან.

კონიდიუმების წარმოშობა ხდება უმთავრესად ზედა და შუა ფენის ჰიფებზე. კონიდიუმების წარმოშობის პროცესი შემდეგნაირად მიმდინარეობს: ჰიფის უჯრედის გვერდითი გარსი იხსნება და წარმოიქმნება ბატარა ამონაბურთი. ეს უკანასკნელი იზრდება, ვიდრე ზომით წარმოშობი ჰიფას დიამეტრს არ გადააჭარბებს. შემდეგ იგი იკეთებს თხელ ყავისფერ გარსს, წაგრძელებულ, უვითარდება ტიხარი და იღებს კვერცხისებრ ფორმას. ზოგჯერ ამონაბურთი უფრო სიგრძეზე იზრდება და ფორმირდება ცილინდრისებრი კონიდიუმები. კულტურაში კონიდიუმების ზომა  $16,5-24 \times 9,5-11$  მიკრონი.

#### ციკლოკონიუმის მიცელიუმის განვითარების პირობები

1. საკვები არეს გავლენა. ლიტერატურული მონაცემებით [7, 8, 9], სოკოს იზოლირება შესაძლებელია ზეთისხილის ფოთლების გამონახარშის გლუკოზიანი აგარის სუბსტრატზე. ამ საკითხის დასაზუსტებლად ჩატარებული ცდებით გამოირკვა, რომ ციკლოკონიუმის პირველადი იზოლაცია შესაძლებელია ზეთისხილის ფოთლების გამონახარშის 0,2 პროცენტ გლუკოზიან ავა-





რში ან გლუკოზირებულ კარტოფილ-აგარის სუბსტრატზე, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ სუბსტრატებზე სოკოს ზრდა-განვითარება ძლიერ ნელა მიმდინარეობს (ორ თვეში 2 სანტიმეტრსაც არ აღემატება და ნაყოფიანობის წარმოქმნაც 20—25 დღით იგვიანებს ასეთივე განვითარება აღინიშნება ლუდ-აგარაზე. შედარებით უფრო სუსტი ზრდა აღინიშნება ძიძოს ლეროზე. სტაფილოს სუბსტრატზე და განსაკუთრებით ჩაპეის არეზე.

2. ტემპერატურის გავლენა მიცელიუმზე. ციკლოკონიუმის განვითარებაზე ტემპერატურის გავლენის გამოსაკვლევად სოკო პეტრის თასებში აგარიზებული ზეთისხილის ფოთლების გამონახარში+გლუკოზის სუბსტრატზე ვთესავდით და სხვადასხვა ტემპერატურაზე ვათავსებდით. აღმოჩნდა რომ 5°C ტემპერატურაზე მიცელიუმი ზრდას იწყებს მე-10 დღეს და კოლონიის დიამეტრი ორ თვეში 8 მმ-ს არ აღემატება. ტემპერატურის მატებასთან ერთად სოკოს განვითარება თანდათან მატულობს, ოპტიმუმს აღწევს 16—20°C ტემპერატურაზე. კოლონიის დიამეტრი მე-10 დღეს 2 მმ-ია, ერთი თვის შემდეგ—9,5 მმ, ორი თვის შემდეგ კი—22 მმ; 22—24°C ტემპერატურაზე სოკოს ზრდა შენელებულია და ორი თვის შემდეგ 1,8 მმ არ აღემატება; 26—28°C ტემპერატურაზე ზრდა კიდევ უფრო კლებულობს (ორი თვის შემდეგ კოლონია 5,7 მმ არ აღემატება), ხოლო 32°C ზრდა აღარ აღინიშნება, მაგრამ ცხოველმყოფელობას არ კარგავს და 20°C გადატანისას განვითარებას იწყებს.

ამრიგად, სოკოს განვითარების მინიმუმი 5°C, ოპტიმუმი 16—20°C, მაქსიმუმი 30°C.

3. pH-ის გავლენა. ციკლოკონიუმის ზრდა-განვითარებაზე გარემოს pH-ის გავლენის გამოსაკვლევად სოკოს მიცელიუმი გადატანილ იქნა ზეთისხილის ფოთლების გამონახარში აგარიზებულ-გლუკოზიანი, სხვადასხვა რეაქციის მქონე სუბსტრატზე. ცდიდან დადგენილ იქნა, რომ სოკო სრულიად არ ვითარდება სუბსტრატზე, რომლის pH 2,3 უდრის. სუსტად ვითარდება 3,2-ზე pH, შედარებით უკეთ ვითარდება 4,5 pH-ზე და უფრო ინტენსიურად—5,2 pH სუბსტრატზე. საუკეთესო ზრდა-განვითარება აღინიშნულია 5,2—5,8 pH სუბსტრატებზე, რომლის დროსაც ნაყოფიანობას მე-20—22-ე დღეს იძლევა. pH 6—6,4 და 6,8 სუბსტრატზე სოკო ძალზე სუსტად იზრდება. სხვა pH-იან სუბსტრატებზე სოკოს ზრდა-განვითარება არ მიმდინარეობს. ცდის შედეგად დადგინდა, რომ ციკლოკონიუმი ზრდის პროცესში ცვლის სუბსტრატის pH სუსტ-მეკავე რეაქციამდე.

#### ციკლოკონიუმის სპორების განვითარების პირობები

1. ტემპერატურის გავლენა სპორების გაღვივებაზე. ამ საკითხის შესასწავლად ჩვენ ჩავატარეთ ცდები „ღია წვეთის“ მეთოდით. ამისათვის მზადდებოდა სპოროვანი სუსპენზია, რომლის წვეთები სასაგნე მინაზე გადატანის შემდეგ თავსდებოდა ნოტიო კამერაში და იღვმებოდა პოლითერმოსტატში. ცდა ჩატარდა ოთხი განმეორებით (თითოეულში ექვსი წვეთი). აღმოჩნდა, რომ სპორების გაღვივება იწყება 5°C ტემპერატურაზე 24 საათში. 8°C-ზე 24 საათში გაღვივება 9,5%-ს არ აღემატება. 12°C ტემპერატურა-

ზე გალივება 18 საათის შემდეგ იწყება,  $16^{\circ}\text{C}$ -ზე კი — 4 საათის შემდეგ 24 საათში 61,7%-ს აღწევს.  $20^{\circ}$  ტემპერატურაზე გალივება 2 საათში იწყება და 24 საათში 65,3%-ს აღწევს. შემდეგ გალივება თანდათან მცირდება,  $27^{\circ}\text{C}$ -ზე 17,9%-ს, ხოლო  $30^{\circ}\text{C}$ -ზე—5,6%-ს არ აღემატება. ამრიგად, სპორების გალივების მინიმუმი უდრის  $5^{\circ}\text{C}$ , ოპტიმუმი 16— $20^{\circ}\text{C}$ , მაქსიმუმი  $30^{\circ}\text{C}$ .

2. ბიოგენური ფაქტორების გავლენა. ციკლოკონიუმის სპორები ძლიერ სუსტად ღივდებიან წყალსადენის წყალში. უკეთესი გალივების მისაღებად ჩატარდა ცდა  $20^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე. აღმოჩნდა რომ 24 საათში სპორები ყველაზე კარგად (65%) ღივდება, როცა წვიმის წყლის წვეთს ემატებოდა ზეთისხილის ფოთლის პატარა ნაჭრები ან ზეთისხილის ფოთლის გამოწაწური. ასეთივე შემდეგი მივიღეთ გლუკოზის სუსტ (0,1—0,2) ხსნარებში; ძლიერ (0,5—1,0) ხსნარებში გალივება შედარებით შემცირებულია და 45%-ს არ აღემატება.

$\text{MgSO}_4$ -ის, სტაფილოს, ლუდის ტკბილისა და ძიძოს ანაფხეკის სუსტ (0,1—0,2%) ხსნარებში გალივება 35,7%-ს შეადგენს. ძლიერ (0,5—1%) ხსნარებში გალივება შემცირებულია და 22—25%-ს არ აღემატება. წვიმის წყალში გალივება 52%-ს უდრის. ლიმონის მჟავა (0,1—0,2—0,5 და 1%) უარყოფითად მოქმედებს სპორების გალივებაზე (5—12%). წყალსადენიდან აღებულ საკონტროლო წვეთში გალივება 10%-ს არ აღემატება.

ამრიგად, გალივებას ხელს უწყობს ბიოსის ტიპის ნივთიერებათა მიმატება წვეთ წყალში. ასეთ დანიშნულებას ასრულებს ამ შემთხვევაში ზეთისხილის ფოთლების პატარა ნაჭრები ან გამოწაწური. საზოგადოდ სპორების გალივება შემცირებულია და 65%-ს არ აღემატება.

3. ტენიანობის გავლენა. სპორების გალივებაზე ტენიანობის გავლენის გამოსაკვლევად სასაგნე მინაზე გადატანილ მშრალ სპორებს ვათავსებდით სხვადასხვა შეფარდებით ტენზე (30—95—100%) ექსიკატორში. ტენი დაცული იყო სხვადასხვა კონცენტრაციის გოგირდის მჟავას ხსნარის გამოყენებით. საკონტროლო სპორებს წვიმის წვეთში ვალივებდით (ბიოსით). ცდა გრძელდებოდა 48 და  $20^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე.

როგორც ჩატარებული ცდიდან გაირკვა, 48 საათის განმავლობაში სპორების გალივება მცირდება 2,9%-მდე; 72—96—120 საათის განმავლობაში კი სპორები კარგავენ ცხოველმყოფელობას და არ ღივდებიან.

5. მზის სხივების გავლენა. მზის სინათლის გავლენის შესასწავლად სპორები სასაგნე მინაზე მოთავსების შემდეგ, გადაგვქონდა მზის სხივების მოქმედების ქვეშ. ექსპოზიციის დამთავრების შემდეგ სპორებს ვათავსებდით წყლის წვეთში და ვალივებდით  $20^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე.

როგორც გამოირკვა, მზის სხივების პირდაპირი გავლენა უარყოფითად მოქმედებს სპორების გალივებაზე. ნახევარ საათში ციკლოკონიუმის სპორების გალივება ეცემა 29,5%-მდე, ერთ საათში—6,7%-მდე 1,5 საათში—0,3%-მდე.

სოკოს პათოგენობა და ინჰიბიტორი პერიოდის ხანგრძლივობა

ლიტერატურული მონაცემებით [6, 8, 9], ზეთისხილის ფოთლებზე ციკლოკონიუმის ინკუბაციური პერიოდი 10—12 დღიდან 2—3 თვეს უდრის. ამ საკითხის ჩვენს პირობებში დასაზუსტებლად ჩატარებულ იქნა ცდა ეშერის სასწავლო-მეურნეობაში. ამისათვის მცენარეების ფოთლები ხელოვნურად სენიანდებოდა წმინდა კლუტურიდან აღებული სპორებით. დასენიანებას ვაწარმოებდით, როგორც მექანიკური დაზიანებით, ისე დაუზიანებლად. სპოროვანი სუსპენზიის შესხურების შემდეგ ტენიანობის შენარჩუნების მიზნით ფოთლებს ვათავსებდით ცელოფანის პარკებში, რომელშიც მცირე რაოდენობით ვასხამდით წყალს. ჩატარებული ცდებით დადგინდა, რომ მექანიკურად დაზიანებული ფოთლების ხელოვნური დასენიანების დროს 18—20,8°C ტემპერატურაზე და 95,7—100% შეფარდებითი ტენის დროს სოკოს ინკუბაციური პერიოდი 11—14 დღეს უდრის, მექანიკურად დაზიანების გარეშე კი იგი 28—32 დღემდე გრძელდება.

სოკოს ბადაზაობა და ინჰიბიტორის გზავი

ლიტერატურული მონაცემებით [6], ციკლოკონიუმი იზამთრებს ნიადაგის ზედაპირზე ჩამოცვენილ დაავადებულ ფოთლებზე როგორც სპორების, ისე მიცელიუმის სახით. ამ საკითხის დასაზუსტებლად მავთულბადეში გახვეული დაავადებული ფოთლები მოვათავსეთ ნიადაგში სხვადასხვა (5, 10, 15 და 25 სმ) სიღრმეზე და ნიადაგის ზედაპირზე.

გაზაფხულზე აღრიცხვის ჩატარებისას გამოიჩვენა, რომ მიცელიუმს ყველა შემთხვევაში აქვს შენარჩუნებული სიცოცხლის უნარი; სპორების გალივების უნარი კი სიღრმის მატებასთან ერთად კლებულობს. სპორების გალივება უდრის: ნიადაგის ზედაპირზე 58%-ს, 5 სმ-ზე — 22,7%, 10 სმ-ზე — 8,5%-ს, 15 სმ-ზე — 2,5%-ს; 20 სმ-ზე კი სპორები არ ღივდებიან.

ზამთრის განმავლობაში მცენარეზე შერჩენილ დაავადებულ ფოთლებზე მყოფი სპორების გალივების უნარის შესწავლიდან გამოიჩვენა, რომ მასალაზე სპორების გალივება 1964 წ. 62,5%-ს უდრიდა, 1965 წ. კი—60%-ს.

ამრიგად, დასავლეთ საქართველოს პირობებში სოკოს შეუძლია გადაიზამთროს, როგორც ხეზე და ნიადაგის ზედაპირზე დარჩენილ, ისე ნიადაგში მოთავსებულ ფოთლებზე. რამდენადაც ღრმადაა ფოთოლი ნიადაგში, იმდენად უფრო სპორების გალივების უნარი კლებულობს.

დასკვნები

1. ზეთისხილის ციკლოკონიოზი — *Cyloconium oleaginum* Cast. — ძლიერ გავრცელებული ავადმყოფობაა ყველგან, სადაც ზეთისხილის მოყვანას მისდევენ. საქართველოში იგი გავრცელებულია ყველგან. მეტწილად კი დასავლეთ საქართველოში, სადაც მისგან დაავადებულ ფოთოლთა რაოდენობა 85%-ს აღწევს.

2. ფოთოლზე ჩნდება მომრგვალო, ჯერ მუქი-ყავისფერი, შემდეგ ცენტრში მონაცრისფრო ან მომწვანო-მოყვითალო, გარშემო ასეთივე ნაცრის ან ყავის-

ფერის არშით გარშემოვლებული ლაქები, რომლებიც ყუნწის ან ფირფიტის დაფარვის შემთხვევაში იწვევს უდროვოდ ცვენას და მოსავლის ძლიერ შემცირებას. ყუნწზე ლაქა მუქი ხავერდოვანია. სხვა ორგანოებზე იშვიათად ჩნდება.

3. ავადმყოფობის გამომწვევი ძლიერ ნელა ვითარდება, უკეთ იზრდება და ნაყოფიანობას იძლევა ზეთისხილის ფოთლის გამონაწერი  $+0,2\%$  გლუკოზას აგარზე ან ლუდის წვენი აგარზე  $16-20^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე. მინიმუმია  $5^{\circ}\text{C}$ , მაქსიმუმი  $30^{\circ}\text{C}$ .

4. სოკო უკეთ იზრდება და ნაყოფიანობს საკვები არეს pH 5,2—5,8 დროს

5. სპორების გალივების ოპტიმალური ტემპერატურაა  $16-20^{\circ}\text{C}$ , მინიმუმი  $5^{\circ}\text{C}$ , მაქსიმუმი  $30^{\circ}\text{C}$ . სპორები ღივდება მხოლოდ მაღალ (100% ტენიანობის არეში და წვეთ წყალში. ცუდად ღივდებიან გამომშრობის შემდეგ (48 საათის შემდეგ გალივება  $2,9\%$ -ს არ აღემატება). უფრო ცუდად იტანენ მზის სხივების პირდაპირ გავლენას (1 საათის შემდეგ გალივება  $6,7\%$ -ს არ აღემატება).

6. სპორების გალივებას ძლიერ უწყობს ხელს წყლის წვეთს მიმატებული ზეთისხილის ფოთლის პატარა ნაჭრები ან ზეთისხილისავე ფოთლის გამონაწერი. ლიმონის მკაფა უარყოფითად მოქმედებს სპორების გალივებაზე.

7. სოკო ძლიერ პათოგენურია. ინკუბაციური პერიოდის ხანგრძლივობა იცვლება იმისდა მიხედვით, დაზიანებულა თუ არა ფოთოლი მექანიკურად.  $18-20,8^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის დროს, მაღალი ტენიანობის არეში მისი ხანგრძლივობა მექანიკურად დაზიანებულ ფოთლებზე 11—14 დღეს უდრის, დაუზიანებელზე —28—32 დღეს.

8. ციკლოკონიუმი დასავლეთ საქართველოს პირობებში იზამთრებს, როგორც ხეზე და ნიადაგის ზედაპირზე დარჩენილ, ისე ნიადაგში მოთავსებულ ფოთლებზე. ნიადაგში სიღრმის მიხედვით სპორების გალივების უნარი შემცირებულია.

საქართველოს სუბტროპიკული მეურნეობის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3. 10. 1966)

ФИТОПАТОЛОГИЯ

А. М. ДЗАГАНИЯ

## МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ «ОСПЫ» МАСЛИНЫ В ГРУЗИИ

Резюме

Циклоконииоз маслины (*Cycloconium oleaginum* Cast.) распространен в Грузии повсеместно. Особенно интенсивное развитие болезни отмечается в Западной Грузии, где, по данным 1964—1966 гг., поражение оливковых плантаций циклоконииумом составляет 45—58%.

Гриб поражает главным образом листья и черешки, а также молодые побеги, плоды и плодоножки маслины. Проявляется это заболева-

ბიე в виде темно-коричневых округлых пятен на верхней стороне листьев. Пораженные листья, сплошь покрытые пятнами, осыпаются.

Развитию болезни благоприятствует влажная погода бесной. Продолжительность инкубационного периода циклоконииума при температуре 18—20,8°C и относительной влажности 95,7—100% на механически поврежденных листьях равна 11—14 дням, а без механической поврежденности — 28—32 дням. Оптимальной температурой для роста и развития циклоконииума является 17—20°C, максимальной 30°C и минимальной 5°C. Под влиянием солнечных лучей при температуре 40°C споры быстро (через 1 час) теряют жизнеспособность. Споры циклоконииума прорастают только в капле воды (60%), а при 100% влажности на протяжении 48 часов количество проросших спор не превышает 18%. При относительной влажности 95% и ниже прорастание спор не наблюдалось.

Под влиянием сухости, при экспозиции 24 часа, прорастание спор циклоконииума уменьшается до 12,5—14,7%. Внесением биоса (вытяжка из листьев маслины или 0,1—0,2% глюкозы) в каплю воды стимулируется прорастание спор. Добавление лимонной кислоты сильно снижает процент прорастания спор.

Для роста и развития гриба *Cycloconium oleaginum* Cast. наилучшей реакцией среды является рН 5,2. Циклоконииум лучше перезимовывает на дереве и на поверхности почвы. Опыты показывают, что при хранении пораженных грибом листьев в почве жизнеспособность спор с глубиной уменьшается.

#### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Роллов. Разведение маслины. Тифлис, 1898.
2. P. Sorauer. Zeitschrift für Pflanzen Krankheiten, Band XI, 1901.
3. В. Семашко. Материалы к микологической флоре Сухумского округа, I. Труды Сухумской садовой и с/х опытной станции. Петроград, 1915.
4. П. Нагорный, Е. Эрнстави. Краткий обзор болезней растений Абхазии. Известия Абхазской с/х опытной станции, 38. Сухуми, 1928.
5. ლ. ყანჩაველი. სსსოფლო-სამეურნეო კულტურების ავადმყოფობანი. ნაწ. II, თბილისი, 1945.
6. U. Brizi. Il vaiolo dell'olivo (*Cycloconium oleaginum* Cast.) e il modo di combaterlo. Staz. Sper. Agr. Italia, 32, 1889.
7. M. Salerno. Osservazioni Sull'agente dell' Occhio di pavone dell' Olivo (*Cycloconium oleaginum* Cast.). Annali della Sper. Agr. N. S., vol. 12, № 3, Roma, 1958.
8. E. Wilson, N. Miller. Olive leaf spot ist control with fungicides. Hilgardia, 19, 1, 1949.
9. P. Cambogi. Qualche notizie Sull' Occhio di pavone o cycloconio dell'olivo (Nota descrittiva). Agr. Ital., LVIII (XIII N. S.), 1958.



ც. ჩუბინიშვილი

მასალები მარწყვის მავნე ფაუნის შესწავლისათვის  
 საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდამ 12.7.1966)

მიუხედავად იმისა, რომ მარწყვი (*Fragaria grandiflora* Ehrh.) ზიანდება ძრავალი მავნებლის მიერ, დღემდე ამ საკითხის ირგვლივ საქართველოს პირობებისათვის მეტად მცირე მასალა მოიპოვება.

1962—1964 წლებში ჩატარებული აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს რაიონების გამოკვლევების შედეგად ჩვენ მიერ მარწყვზე რეგისტრირებულ იქნა 24 სახეობის მავნებელი. ქვემოთ ვიხილავთ მავნებლებს სისტემატიკური ჯგუფების მიხედვით:

- კლასი Insecta,
- რაზმი Homoptera,
- ქვერაზმი Aphidodea,
- ოჯახი Aphididae,
- ქვეოჯახი Aphidinae.

1. *Aphis forbesi* Weed. — მარწყვის ფესვის ბუგრი. გავრცელებულია კალიფორნიისა და ოჰაიოს შტატებში. ს ა ნ დ ე რ ს ო ნ ი ს [1] ცნობით, ეს ბუგრი პირველად შენიშნულ იქნა აშშ 1884 წელს, სადაც მისგან ზიანდებოდა ფესვები და მიწასთან ახლო მყოფი ფოთლები. წუწვნის შედეგად ფესვებზე წარმოიქმნება კოჩერები. საბჭოთა კავშირში, კერძოდ კი საქართველოში, მარწყვის ფესვის ბუგრის გავრცელების შესახებ ცნობები არ მოიპოვება. იგი ჩვენ მიერ მარწყვზე პირველად არის აღნიშნული დილომში 1962—1963 წლებში 10—15 მაისს. ჩვენი დაკვირვებების დროს ბუგრები დასახლებული იყო მხოლოდ ღეროსა და ახალგაზრდა ფოთლებზე, რომლებიც წუწვნის შედეგად იყო დახვეული. ბუგრისაგან ფესვების დაზიანება ჩვენ მიერ არაა შენიშნული. გავრცელებულია ერთეულების სახით.

2. *Myzodes persicae* Sulz. — თამბაქოს ანუ ატმის ბუგრი. გავრცელებულია როგორც ევროპის სამხრეთ, ისე საბჭოთა კავშირის ევროპული ნაწილის სამხრეთ რაიონებში და შუა აზიის რესპუბლიკებში. საქართველოში ყველგანაა გავრცელებული. პოლიფაგია. ჩვენ მიერ ატმის ბუგრის მავნეობა მარწყ-

ვის ნარგაობაზე (რაც გამოიხატება ფოთლების დახვევა-დახუჭუჭებაში) რეგისტრირებულია როგორც აღმოსავლეთ (დილომი—1962 12/V), ისე დასავლეთ საქართველოში (სამტრედია—1963 17/V).

### ქვერაზმი Auchenorrhyncha

#### ოჯახი Cercopidae

1. *Philaenus spumarius* L. — დუეიანა ჭიჭინობელა. მსოფლიოში ფართოდ გავრცელებული სახეობაა. ჩვენში გვხვდება, როგორც აღმოსავლეთ (დილომი — 1962 15/V; 1963 9/V; 1963 16/V), ისე დასავლეთ საქართველოში (სამტრედია—1963 8/IV; 1964 16/V). დუეიანას მატლები მარწყვის ფოთლებს აზიანებენ წუწვნით, რის შედეგად ფოთოლი უფერულდება. ჭიჭინობელას მატლები და ნიმფები თავმოყრილი არიან ღეროზე და ფოთლის ქვედა მხარეზე. აქ ისინი დაფარულია მათ მიერვე გამოყოფილი ქაფით (დუეით). ხშირად გვხვდება სარეველა ბალახებზე.

### რაზმი Orthoptera

#### ოჯახი Gryllotalpidae

1. *Gryllotalpa gryllotalpa* L. — ბოსტანა. გავრცელებულია დასავლეთ ევროპასა და სსრ კავშირის ევროპულ ნაწილში, ჩრდილოეთ ამერიკაში, მცირე აზიაში, სირიაში, კავკასიაში და სხვ. საქართველოში იგი ყველგანაა გავრცელებული. ბოსტანას მთავარი საკვებია: მცენარის ფესვები, ფესვნაყოფები, თესლი და ახალგაზრდა აღმონაცენების ღეროები. ჩვენ მიერ 1962 წლის 14 აპრილს დილომში შენიშნულია მახრას მიერ მარწყვის ფესვების გადარღწვა.

### რაზმი Coleoptera

#### ოჯახი Scarabaeidae

1. *Oxythyrea funesta* Poda — ლაქებიანი ბრინჯაოსანა. მისი გავრცელება აღნიშნულია ევროპაში, ჩრდ. აფრიკაში, იტალიასა და კავკასიაში. ჩვენ მიერ აღმოსავლეთ საქართველოში (დილომი—1962 3/V, გლდანი—1963 6/V, ავჭალა—1963 21/V) შენიშნულია ხოჭოს მიერ მარწყვის ყვავილების დაზიანება უმნიშვნელო რაოდენობით.

2. *Epicometis senicula* Mén. — ბრინჯაოსანა. გავრცელებულია ამიერკავკასიაში და წინა აზიაში. ჩვენი დაკვირვებებისას 1962 5/VI დილომსა და 1962 9/IV ავჭალაში შენიშნულია მისგან მარწყვის ყვავილების მნიშვნელოვანი დაზიანება.

3. *Valgus hemipterus* L. გავრცელებულია ევროპასა და რუსეთის სამხრეთ ნაწილში. ჩვენი დაკვირვებებით, დილომში (1962 14/VI) ხოჭოებისაგან, ზიანდება მარწყვის ყვავილები და ფოთლები.

ოჯახი Mordellidae

1. *Mordellistena pumila* Gyll. — კუზიანა ანუ ქაცვფეხა. გავრცელებულია ევროპაში, კავკასიაში, ციმბირსა და ჩრდ. აფრიკაში. ჩვენ მიერ დილომში (1962 25/IV, 1963 22/IV, 1964 20/IV) შენიშნულია მარწყვის ყვავილების დაზიანება.

ოჯახი Curculionidae

1. *Polydrosus inustus* Germ. — ფოთლის ბეწვიანი ცხვირგრძელა. გავრცელებულია სსრ კავშირის ევროპული ნაწილის შუა და სამხრ. ზოლში, ყირიმში, კავკასიასა და შუა აზიაში. ლიტერატურული წყაროების [2—9] მიხედვით, ფოთლის ბეწვიან ცხვირგრძელას ხოჭოს მკვებავი მცენარეებია: ვაშლი, მსხალი, კომში, ბალი, ალუბალი, გარგარი, ატამი, ქლიავი და ნუში. ხოჭო იკვებება აგრეთვე მუხის, თრიმლის, ძეძვის, იფნის, კვრინჩხის, ბროწეულის, კუნელისა და პანტის ფოთლებით. საკმაო რაოდენობით აღინიშნება საკვები ბალახებისა და მინდვრის კულტურების სარეველების დაზიანება. საქართველოში მარწყვის კულტურაზე ფოთლის ბეწვიანი ცხვირგრძელა პირველად აღინიშნება ჩვენ მიერ (გლდანი, დილომი, ავჭალა, გორი — 1962 — 64 წწ.). აღსანიშნავია, რომ ლიტერატურაში ფოთლის ბეწვიან ცხვირგრძელას მატლის მავნეობის შესახებ არაფერია აღნიშნული. ჩვენი გამოკვლევის მიხედვით მარწყვს აზიანებს როგორც ხოჭო, ისე მატლი; ნიადაგში მცხოვრები ცხვირგრძელას მატლები ღრღნიან მარწყვის ფესვებს, ხოლო ხოჭოები იკვებებიან ფოთლებით, გვირგვინის ფურცლებითა და ჭამის ფოთოლაკებით.

ოჯახი Chrysomellidae

1. *Labidostomis lucida* Grm. გავრცელებულია გერმანიაში, საფრანგეთში, სამხრეთ რუსეთსა და კავკასიაში. საქართველოს პირობებში ხოჭო აზიანებს მარწყვის ყვავილებს (დილომი 1962 4/VI, 1963 7/V).

ოჯახი Cantharididae

1. *Cantharis livida* L. — რბილტანიანა. გავრცელებულია ევროპაში, კავკასიაში, წინა აზიასა და დასავლეთ ციმბირში. ჩვენ მიერ დილომში 1962 3/V რეგისტრირებულია მარწყვის ყვავილების დაზიანება.

ოჯახი Nitidulidae

1. *Meligethes aeneus* F. — რატის ყვავილქამია. გავრცელებულია ევროპაში, კავკასიაში, წინა და შუა აზიაში, ციმბირში, ჩრდ. აფრიკასა და ამერიკაში. ჩვენ მიერ დილომში 1964 14/IV შენიშნულია ხოჭოს მიერ მარწყვის ყვავილების უმნიშვნელო დაზიანება.





## რაზმი Hymenoptera

## ქვერაზმი Symphyta

## ოჯახი Tentredinidae

1. *Euphytus cinctus* L. — მარწყვის სარტყელიანი ხერხია. გავრცელებულია მთელ ევროპასა და ჩრდ. ამერიკაში. სსრ კავშირის ტერიტორიაზე აღინიშნებოდა სოხეთში, ჩრდ. კავკასიაში, უზბეკეთში, ციმბირში, მცირე აზიასა და საქართველოში.

ჩვენ მიერ რეგისტრირებულია როგორც აღმოსავლეთ (დიდომი — 1962 15/IV), ისე დასავლეთ საქართველოში (სამტრედია—1962 26/IV, 1963 25/IV და 1964 20/V). გავრცელებულია მასობრივად. სპირალისებურად დახვეული მატლები თავსდება მარწყვის ფოთლების ქვედა მხარეზე; გვერდით ძარღვებს შორის ღრღინის შედეგად მატლები იწვევენ ფოთლის ფანჯრულ დაზიანებას.

2. *Cladius pectinicornis* Geoff. — ჯავროვანი ანუ მარწყვის სავარცხლისებრულევაშა ხერხია. გავრცელებულია ამერიკაში, ევროპაში, მცირე აზიასა და შორეულ აღმოსავლეთში. იგი გავრცელებულია აგრეთვე როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოს რაიონებში. მარწყვის ფოთლებს აზიანებენ იმგვარადვე, როგორც წინა სახეობა.

## რაზმი Lepidoptera

## ოჯახი Tortricidae

1. *Tortrix (Eulia) politana* Hw. — ნაირქამია ფოთლიხვევია. გავრცელება აღნიშნულია ევროპასა და ჩრდ. ამერიკაში. საბჭოთა კავშირში იგი ბრავალ ადგილას გვხვდება. ჩვენ მიერ 1963—1964 წლებში აღნიშნული ფოთლიხვევია რეგისტრირებულია აღმოსავლეთ საქართველოში — დიდომსა (1964 7/VI) და გორში (1964 14/VI), სადაც მატლების მიერ მარწყვის ფოთლები მნიშვნელოვნად იყო დაზიანებული.

2. *Ancylis comptana* Froel. — მარწყვის ფოთლიხვევია. საკმაოდ გავრცელებულია ევროპისა და ამერიკის ქვეყნებში. მის გავრცელებას უმთავრესად კერობრივი ხასიათი აქვს. საქართველოში მისი მასობრივი გავრცელება აღინიშნა გორში (1962 14/VI და 1963 27/VI) და დიდომში (1964 2/VI). სოხუმში (1963 22/X) იგი გვხვდება ერთეულების სახით. საქართველოს პირობებში, როგორც მარწყვის კულტურის ერთ-ერთი სერიოზული მავნებელი პირველად აღინიშნება ჩვენ მიერ. ზიანი მოაქვს მატლს. იგი გამოჩეკისთანავე იწყებს კვებას. ჰამს ფოთლის ქვედა ეპიდერმისს ძარღვებს შორის, პირიდან გამოყოფს ნერწყვს, რომელიც აბლაბუდისებრ ძაფებად შრება. მესამე ასაკიდან მატლი გადადის ფოთლის ზედა მხარეზე და ჰამს ფოთლის ზედა და ქვედა ეპიდერმისს ძარღვებს შორის. ასეთი დაზიანების შედეგად ფოთლი საბოლოოდ დაცხრილულ სახეს იღებს. ზოგ შემთხვევაში მატლი თავსდება რა ფოთლის ზედა მხარეზე, კეცავს მას ორად და შიგ მოქცეული განაგრძობს კვებას. მატლი უმეტესად სი-

გარისებურად ახვევს 2 ან 3 ფოთოლს და შიგ თავსდება. მისი დაჭუპრებაც აქვე — სიგარებში—ხდება. ამგვარად დაზიანებული ფოთოლი ხმება.

ოჯახი Cacoecia

1. *Cacoecia strigana* Hb. — მკედავი ფოთლიხვევია. გავრცელებულია ევროპაში, კავკასიაში, შუა აზიასა და ციმბირში. აღმოსავლეთ საქართველოში (დილოში 1963 17/VII) ვნახეთ მარწყვზე ერთეულების სახით. პირველი და მეორე ასაკის მატლები იწვევენ ფოთლის ქვედა ეპიდერმისის, ხოლო შემდეგი ხნოვანების მატლები ფოთლის მთლიან ამოკმას.

ოჯახი Liparidae

1. *Nygmia phaeorrhoea* L. — ოქროკუდა. გავრცელებულია ცენტრალურ და სამხრეთ ევროპაში, აფრიკაში. საბჭოთა კავშირში აღნიშნულია შუა და სამხ. ევროპულ ნაწილში, შუა აზიის რესპუბლიკებში და ამიერკავკასიაში. საქართველოში გვხვდება როგორც აღმოსავლეთ, ისე მის დასავლეთ ნაწილში. ავჭალაში, მარწყვზე შენიშუნლია 1963 16/V ერთეული ცალარსები. მატლი აზიანებს ფოთოლს.

ოჯახი Noctuidae

1. *Xylina exoleta* L. ჩვენი მონაცემებით (დილოში—1963 6/VI) მატლები მთლიანად ჭამენ მარწყვის ფოთლებს და ტოვებენ შეუქმელს მხოლოდ მთავარ ძარღვებს.

კლასი Arachnoidea.

რანში Acariformes.

ქვერანში Trombidiiformes.

ოჯახი Tetranychidae.

1. *Tetranychus telarius* Koch. — ჩვეულებრივი აბლაბუდიანი ტკიპა. გავრცელებულია მთელ მსოფლიოში. პოლიფაგია. სხვა მცენარეთა შორის აზიანებს მარწყვსაც. დაზიანებული ფოთლები უფერულდება, იგრისება და ხმება. უმნიშვნელო რაოდენობით გვხვდება საქართველოში მარწყვის გავრცელების თითქმის ყველა რაიონში (სამტრედია—1962 14/VII; წყალტუბო—1963 19/VI; ავჭალა — 1954 15/VII).

ოჯახი Tarsonemidae.

1. *Tarsonemus pallidus* Banks. — მარწყვის ტკიპა. ფართოდ გავრცელებულია მთელ მსოფლიოში. ჩვენ მიერ რეგისტრირებულია დასავლეთ საქართველოში სამტრედიის რაიონის სოფ. მელაურის კოლმეურნეთა საკარმიდამო ნაკვეთებზე (სამტრედია—1962 9/V; 15/VII). აზიანებს ფოთლებს.

კლასი Gastropoda

ნიქარიანი მოლუსკებიდან ჩვენ მიერ მარწყვზე რეგისტრირებულია გორსა (1963 5/V) და დილოში (1964 15/V) *Helicella (Xenopicta) derbentina* Kryn.—დარუბანდული ჰელიცელა, რომელიც აზიანებს მარწყვის ნაყოფს. მოლუსკების მიერ გამოწვეული დაზიანების შედეგად ნაყოფზე ჩნდება ჩაღრმავებები და ხვრელები.

შიშველი მოლუსკებიდან ჩვენ მიერ მარწყვზე *Limacidae*-ს ოჯახიდან აღინიშნა ლოქორიები. ამ ოჯახის წარმომადგენლებიც აზიანებენ მარწყვის ნაყოფს. რეგისტრირებულია სამტრედიაში (1962 17/V, 1963 20/V, 1964 23 /V) და დილოში (1962 21 /VI და 1964 12/VI).

კლასი Nematoda

ოჯახი Tylenchidae

1. *Ditylenchus dipsaci* — ღეროს ნემატოდა. საბჭოთა კავშირში თითქმის ყველგან გვხვდება. პოლიფაგია. საგრძნობლად აზიანებს მარწყვს. 1962 წლამდე საქართველოში მარწყვით გაშენებულ ნაკვეთებზე ნემატოდების გავრცელებისა და საზიანო მოქმედების შესახებ ცნობები არ მოიპოვებოდა. ჩვენ მიერ (1963 9/IV) მებაღეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის ტერიტორიაზე (დილოში) მარწყვის ნარგაობის შემოწმებისას აღინიშნა ნემატოდებით გამოწვეული დაზიანება. შემდეგ ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად ღეროს ნემატოდა გავრცელებული აღმოჩნდა გორის, სამტრედიისა და სოხუმის რაიონებში. ნემატოდით დაზიანების შედეგად მარწყვის ფოთლები დეფორმირებული და გოფირებულია. დაზიანების შედეგად, ჩვეულებრივ, სამის ნაცვლად ხშირად ფოთლის ერთი ან ორი ფოთოლაკია განვითარებული. ზოგჯერ ფოთლები დაფარულია მოყავისფრო-მოწითალო ლაქებით, მათი ყუნწი და ყვავილთმტარი შემოკლებული და გამსხვილებულია; ბუჩქის შუაგულში ხშირად ვითარდება სახეშეცვლილი ყლორტები, რომლებიც ყვავილოვან კომბოსტოს წააგავს. ასეთი დაზიანების შედეგად ნაყოფი ხშირად არ ვითარდება, მოსავალი საგრძნობლად მცირდება, ხოლო ცალკეულ შემთხვევაში მცენარე ჭკნება და ხმება.

ამრიგად, ჩამოთვლილ სახეობებიდან საბჭოთა კავშირის მარწყვის მავნე ფაუნის რიცხვს (რომელიც 60-ს აღწევს) მიემატა ჩვენ მიერ გამოვლინებული 13 სახეობა; ამავე დროს საქართველოს მარწყვის მავნე ფაუნის საერთო რიცხ-

გი გაიზარდა 40-მდე. რეგისტრირებულ 24 სახეობიდან საქართველოს პირობებისათვის 4 ჩვენ მიერ პირველად აღინიშნება მარწყვზე, ხოლო 7 სახეობა აღინიშნება პირველად, როგორც მარწყვის კულტურისათვის მავნე.

საქართველოს სსრ მეზღვების, მევენახეობისა და მეღვინეობის  
სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.7.1966)

ЭНТОМОЛОГИЯ

Ц. И. ЧУБИНИШВИЛИ

## МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВРЕДНОЙ ФАУНЫ ЗЕМЛЯНИКИ В ГРУЗИИ

Резюме

В результате обследований, проведенных нами в 1962—1964 гг., в Грузии зарегистрировано 24 вида вредителей земляники, из которых впервые в условиях Грузии отмечаются четыре вида: земляничная корневая тля *Aphis forbesi* Weed., волосистый листовой слоник *Polydrosus inustus* Germ., земляничная листовертка *Ancylics comptana* Froel. и стеблевая нематода *Ditylenchus dipsaci*, а впервые как вредители упомянутой культуры—семь видов: *Valgus hemipterus* L., *Mordellistena pumila* Gyll., *Labidostomis lucida* Grm., *Cantharis livida* L., *Tortrix politana* Hw., *Cacoecia strigana* Hb. и *Xylina exoleta* L.

Самым большим отрицательным хозяйственным значением из выявленных видов характеризуются *Polydrosus inustus* Grm., *Ancylics comptana* Froel. и *Ditylenchus dipsaci*.

### დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E. D. Sanderson. The strawberry Root Louse (*Aphis forbesi* Weed.). Delaware College agricultural Experiment Station, Bulletin № XLIX, December, 1900.
2. ირ. ბათიაშვილი, ი. თვალაძე. თბილისის მიდამოებსა და გარე კახეთში გავრცელებული ხეხილის მავნე ფაუნის შესწავლისათვის. მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტის შრომები, ტ. V, თბილისი, 1948.
3. თ. ეთილაშვილი. თბილისისა და მისი მიდამოების დეკორატიულ ნარგავთა ფაუნის შესწავლისათვის. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, 2, თბილისი, 1950.
4. თ. ჯავჭანიძე. საკვებო ბალახების მთავარი მავნებლები და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებანი. თბილისი, 1954.

5. ა. კოლოკავა. კახეთში გავრცელებული ცხვირგრძელა ზოგობის (Coleoptera, Atelabidae და Curculionidae) ეკოლოგიურ-ფუნქციური შიშობილა. ავტორეფერატი. თბილისი, 1963.
6. Д. Н. Кобахидзе. Вредная энтомофауна сельскохозяйственных культур Грузинской ССР. Тбилиси, 1957.
7. Р. Ф. Савенко. Перечень вредителей сельскохозяйственных культур ЗСФСР, ч. I. Беспозвоночные. Изд. Грузинского филиала АН СССР, Тифлис, 1935.
8. Б. П. Уваров. Сельскохозяйственная энтомология. Насекомые, вредящие сельскому хозяйству Грузии, и борьба с ними. Тифлис, 1920.
9. Н. В. Хачапуридзе. Обзор главнейших вредителей с/х Грузии. Изд. Отд. защиты растений НКЗ Грузии, Тифлис, 1930.

ი. სხირტლაძე

მასალები მისხმეთ-ჯავახეთში გავრცელებული ფუტკრისნაირთა  
(*APIDAE*) ფაუნის შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდაძემ 14.10.1966)

საქართველოს პირობებში ფუტკრისნაირებიდან კარგადაა შესწავლილი შინაური ფუტკარი [1, 2, 3]. რაც შეეხება მათ გარეულ ფორმებს, ისინი დღემდე თითქმის სრულიად შეუსწავლელია და, ცხადია, ამ საკითხზე ლიტერატურაში არავითარი ცნობები არ მოგვეპოვება. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის საქართველოს სახ. მუზეუმის ზოოლოგიის განყოფილების ფონდებშიც, ძალზე მცირე რაოდენობითაა დაცული ამ რაიონებიდან მოპოვებული ფუტკრისნაირთა ფაუნისტური მასალა.

ფუტკრისნაირთა ფაუნის შესწავლასა და მათი სახეობრივი შედგენილობის გამოვლინებას უადრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს, ვინაიდან ამ ოჯახის წარმომადგენლებს, კერძოდ შინაურ ფუტკარს, დიდი სარგებლობა მოაქვს ადამიანისათვის, როგორც თაფლისა და ცვილის მომცემს, ყვავილოვან მცენარეთა დამამტკვრიანებელს; ამავე დროს ფუტკრის შხამს დიდი გამოყენება აქვს მედიცინაში, როგორც რევმატიზმისა, იშემიის, ბაზედოვის დაავადების ნერვული სისტემისა და თვალის ზოგიერთი დაავადების სამკურნალო საშუალებას.

აღნიშნული მიზანდასახულების განსახორციელებლად მონაწილეობა მივიღე სპეციალურ ექსპედიციაში მესხეთ-ჯავახეთში 1964 წლის ივნის-ივლისში.

სამარშრუტო გამოკვლევები ჩატარებულ იქნა საკვლევი რაიონის შემდეგ ადგილებში: ახალციხის, მინაძის, ურაველის, არალის, ასპინძის, ვალეს, ნიგოეთის, აწყურის, აბასთუმნის, ადიგენის, ბოგდანოვკის, ბალხოს, ხანდოს, მერენიას, სულდასა და ახალქალაქის მიდამოებში. შესწავლილ იქნა აგრეთვე ზეკარისა და გოდერძის ვადასავლელები.

მესხეთ-ჯავახეთი მდებარეობს საქართველოს სამხრეთ ნაწილში. აღნიშნული ტერიტორია შემოსაზღვრულია დასავლეთით არსიანის ქედით, ჩრდილოეთით და ჩრდილო-დასავლეთით — აჭარა-იმერეთის ქედით, ჩრდილო-აღმოსავლეთით თრიალეთის ქედით, აღმოსავლეთით — სამასარისა და ჯავახეთის (ყუჩუთის) ქედებით. სამხრეთით მას ესაზღვრება თურქეთი.

მესხეთ-ჯავახეთის კლიმატზე დიდ გავლენას ახდენს არსიანისა და აჭარა-იმერეთის ქედები, რომლებიც აღმართულია მერიდიანულად და ხელს უშლის შავი ზღვის სანაპიროებიდან მომავალი თბილი ჰაერის მასების შემოჭრას. ამი-

ტომ აქ ჰავა მშრალი და კონტინენტურია. განსაკუთრებით ეს შეიმჩნევა ჯავახეთის პლატოზე.

ეს რაიონი შედარებით მცირე ნალექიანობით ხასიათდება.

საკვლევი რაიონის ფარდობითი ტენიანობა უდრის 69—77%-ს, ზამთარი მკაცრია, ხოლო ზაფხული ზომიერად ცხელი. ასეთი კლიმატი (სიმშრალე, კონტინენტურობა) განაპირობებს მცენარეული საფარის სიღარიბესა და წიფლნარი ტყეების სიმცირეს, რაც მთელ კავკასიაში ფართოდაა გავრცელებული.

მესხეთ-ჯავახეთში გვხვდება მთა-მდელოთა ნიადაგები. ასევე გავრცელებულია ყოშრალი და ყავისფერი ნიადაგები, საკმარისად დიდი ადგილი უკავია შავ-მიწა და ტორფიან ნიადაგებს.

საკვლევი ტერიტორიისათვის დამახასიათებელია კლდის ქსეროფიტული მცენარეულობა. ტყეების ძირითადი ნაწილი მოქცეულია მესხეთის ტერიტორიაზე. რაც შეეხება ჯავახეთის მთიანეთს, აქ შემორჩენილია მცირეოდენი ტყით დაფარული ადგილები.

მესხეთ-ჯავახეთში მისდევენ მემინდვრობას, განსაკუთრებით მარცვლეული კულტურების მოყვანას. საკმარისად დიდი ადგილი უკავია კარტოფილს, აგრეთვე ფართოდ განვითარებულია მეხილეობა. წამყვან დარგს წარმოადგენს მეცხოველეობა.

მესხეთ-ჯავახეთი მეფუტკრეობის მხრივ ძველთაგანვე ცნობილი იყო. „ფუტკარი ძრავალი და თაფლნი კარგნი და მრავალნიო“ — შენიშნავს ცნობილი გეოგრაფი და ისტორიკოსი ვახუშტი.

მეფუტკრეობის განვითარებას ხელს უწყობს თაფლოვანი ბალახეულობის, სათიბებისა და წიწვოვანი ტყეების სიუხვე. ამავე დროს მესხეთ-ჯავახეთის ბუნებრივი პირობები ხელს უწყობს ველურ ფუტკრისნაირთა სახეობრივი შედგენილობის სიმდიდრეს.

ქვემოთ მოგვყავს ფუტკრისნაირთა იმ სახეობების სია, რომლებიც ჩვენ მიერ მოპოვებულია აღნიშნული ექსპედიციის დროს. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ეს სახეობები დადგენილია მხოლოდ ზრდასრული ფორმის მიხედვით.

მესხეთ-ჯავახეთში მოპოვებული ფუტკრისნაირთა სახეობრივი შემადგენლობა<sup>1</sup>

### 1. *Prosopis* sp.

ახალციხე, 2.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. აბასთუმანი, 20.VI, წიწვოვან კორომში.

### 2. *Halictus sexcinctus* F.

ურაველი, 6.VI, სათიბ-სავარგულზე. ახალციხე, 12.VI, მდინარის სანაპირო, ფერდობი.

<sup>1</sup> სახეობების გარკვევა დამოწმებულია დ. პანფილოვისა (მოსკოვის პალეონტოლოგიის ინსტიტუტი) და ა. პონამორევის მიერ (სსრ კავშირის მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტი).

### 3. *Halictus* sp.

მიხაძე, 1.VI, ახალციხე, 2—12.VI, მდინარის სანაპირო. ურაველი, 1—5.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი, ნიგოეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე. თმოგვი, 13.VI, წუნდის ტბის მიდამოები. აბასთუმანი, 19.VI. წიწვოვან კორომში. ადიგენი, 25.VI. სათიბ-სავარგულზე.

### 4. *H. major* Nyl.

ადიგენი, 27.VI; სათიბ-სავარგულზე.

### 5. *H. xanthopus* Rby.

ბაღზო, 11. VII, წიწვოვან კორომში.

### 6. *Sphecodes* sp.

ბაღზო, 9.VII, წიწვოვან კორომში. ნიგოეთი, 13.VI, წუნდის ტბის მიდამოები.

### 7. *Andrena carinata* F. Mor.

აწყური, 17.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

### 8. *A. allofasciata* Thomas

ახალციხე, 8.VI, სათიბ-სავარგულზე.

### 9. *Andrena* sp.

ურაველი, 4—5.VI, წიწვოვან კორომში. ახალციხე, 2—8—10.VI, მდ. ფოცხოვის სანაპირო. ფერდობი. თმოგვი, 13.VI, წუნდის ტბის მიდამოები, ნიგოეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე. აწყური, 17.VI, ხეხილის ბაღში, აბასთუმანი, 19.VI, წიწვოვან კორომში, ზეკარის გადასასვლელი, 21.VI, მერენია, 20.VII, სათიბ-სავარგულზე. ურაველი, 26.VII, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

### 10. *Melitturga clavicornis* Latr.

აწყური 17.VI, სათიბ-სავარგულზე. ადიგენი, 25.VI.

### 11. *Ceratina callosa* F.

ახალციხე, 8.VI, მდ. ფოცხოვის სანაპირო, ფერდობი.

### 12. *Xylocopa valga* Gerst.

მიხაძე, 1—2.VI, ხეხილის ბაღში. ნიგოეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე. ასპინძა, 14.VI, ახალციხე, 18.VI, ხეხილის ბაღში. აბასთუმანი, 19.VI, წიწვოვან კორომში. ურაველი, 26.VII, ხეხილის ბაღში.

### 13. *X. violacea* L.

ნიგოეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე.



14. *Tetralonia* sp.

ურაველი, 4.VI, სათიბ-სავარგულზე. ახალციხე, 8.VI, არალი, (1120 მ. ზ. დ.), 10.VI; გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

15. *Eucera* sp.

ახალციხე, 2.VI, სათიბ-სავარგულზე. ურაველი, 6.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. გოდერძის გადასასვლელი 26.VI.

16. *Apis mellifera* L.

მინაძე, 1—2.VI, მდ. მტკვრის სანაპირო, ჭალა. ურაველი, 4—5—6.VI, ხეხილის ბაღში. ახალციხე, 8—10—12.VI, მდ. ფოცხოვის სანაპირო, ფერდობი. თმოგვი, 13.VI, წუნდის ტბის მიდამოები. ასპინძა, 14.VI, გზის პირი. აწყური, 17.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. აბასთუმანი, 19—20.VI, მდინარის სანაპირო. გოდერძის გადასასვლელი, ფერდობი, 26.VI, ბაღბო, 10.VII, წიწვოვან კორომში. მერენია, 18.VII, წიწვოვან კორომში.

17. *Anthophora acervorum* L.

ურაველი, 6.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ახალციხე, 8.VI, მდ. ფოცხოვის სანაპირო, ფერდობი.

18. *A. aestivalis* Fanz.

ურაველი, 6.VI, წიწვოვან კორომში.

19. *Anthophora* sp.

ურაველი, 4.VI, სათიბ-სავარგულზე. ახალციხე, 8.VI, მდ. ფოცხოვის სანაპირო, ფერდობი. აწყური, 17.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. აღიგენი, 27.VI, სათიბ-სავარგულზე.

20. *Bombus argillaceus* Scop.

მინაძე, 1—2.VI, ხეხილის ბაღში. ურაველი, 4—5—6.VI, სათიბ-სავარგულზე. ახალციხე, 8—11.VI, ხეხილის ბაღში. არალი, 10.VI, სათიბ-სავარგულზე. ვარძია, 13.VI, ნიგოეთი, 13.VI, აწყური, 17.VI, ხეხილის ბაღში. ასპინძა, 14.VI, სათიბ-სავარგულზე. აბასთუმანი, ბოგდანოვკა 15.VII, სათიბ-სავარგულზე, 19.VI, წიწვოვან კორომში. ახალქალაქი, 7.VII, სათიბ-სავარგულზე. მინაძე, 25.VII, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

21. *B. daghestanicus* Rad.

ურაველი, 6.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ახალციხე, 8.VI, არალი, 10.VI, გორაკ-ბორცვიანი ველი. ნიგოეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე, ასპინძა, 14—15.VI, 17.VI, გორაკ-ბორცვიანი ველი. ზეკარის გადასასვლელი 21.VI. აბასთუმანი 20.VII, აღიგენი, 25—27.VI, სათიბ-სავარგულზე. ახალქალაქი, 3—7.VII, წიწ-



ვოვან კორომში, ბალხო, 9—11.VI, ხანდო, 14.II, სათიბ-სავარგულზე. მერენია 18.VII, მინაძე, 25.VII. ურაველი, 26.VII, სათიბ-სავარგულზე.

22. *B. (Adventoribombus) mlokosiewitzi* Rad.

ზეკარის გადასასვლელი, 21.VI.

23. *B. apollineus* Skor.

ურაველი, 6.VI, სათიბ-სავარგულზე. ბოგდანოვკა 5.VII. ფარავნის ტბის მიდამოები, ახალქალაქი, 7.VII, მდ. ფარავნის ნაპირი, სათიბ-სავარგულზე. არალი, 10.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ბალხო, 10.VII, სათიბ-სავარგულზე. ნიგოეთი, 13.VII, სულდა, 16.VII, მდელოზე. მერენია, 20—21.VII, სათიბ-სავარგულზე.

24. *B. (Alpigenobombus) alpigenus* F. Mor.

ახალქალაქი, 3.VII, მდ. ფარავნის ნაპირი, სათიბ-სავარგულზე. ბალხო, 9.VII, მერენია, 9.VII, წიწვოვან კორომში.

25. *B. (Lapidariobombus) eriophorus* Klug.

აწყური, 17.VI, წიწვოვან კორომში. ზეკარის გადასასვლელი, 21.VI, გოდერძის გადასასვლელი, 26.VI.

26. *B. incertus* F. Mor.

ბოგდახოვკა, 5. VII, ფარავნის ტბის ნაპირი, სათიბ-სავარგულზე.

27. *B. soroënsis* F.

ურაველი, 4—5—6.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ლელოვანი, 10.VI, ტბის მიდამოები, ნიგოეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე. აბასთუმანი, 19—20.VI, წიწვოვან კორომში. ზეკარის გადასასვლელი. 21.VI. გოდერძის გადასასვლელი, 26.VI, წიწვოვანი ტყის პირი. ადიგენი, 27.VI, სათიბ-სავარგულზე. ბალხო, 9—10—11.VII, წიწვოვან კორომში.

28. *B. lucorum* L.

ზეკარის გადასასვლელი, 21.VI, ბალხო, 9.VII, წიწვოვან კორომში. მერენია, 18.VIII, სათიბ-სავარგულზე.

29. *B. (Hortobombus) hortorum* L.

მერენია, 20.VII, წიწვოვან კორომში ზეკარის გადასასვლელი, 21.VI, გოდერძის გადასასვლელი, 26.VI.

30. *B. (Pratobombus) haematurus* Kriechb.

ურაველი, 4—6.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

31. *B. tristis insipidus* Rad.

მინაძე, 2.VI, ასპინძა, 14—15.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი, ადიგენი, 27.VI, სათიბ-სავარგულზე; ბალხო, 9.VII, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

32. *B. rehbinderi* Vogt.

აწყური, 17.VI, წიწვოვან კორომში. აბასთუმანი, 19.VI, ზეკარის გადასასვლელი, გზის ნაპირი 27.VI, ტყის ნაპირი. ურაველი, 4.VI, წიწვოვან კორომში. გოდერძის გადასასვლელი გზისპირი, 26.VI, წიწვოვანი ტყის ნაპირი. ბალხო, 9.VII.

33. *B. (Pomobombus) alboluteus* Pall.

გოდერძის გადასასვლელი (2025 მ ზ. დ.), 26.VI, მდელოზე. ახალქალაქი, 3.VII, მდ. ფარავნის ნაპირი. ბალხო, 9.VII, წიწვოვან კორომში. ზეკარის გადასასვლელი 21.VI.

34. *B. portschinskii* Rad.

ახალქალაქი, 3.7.VII, მდ. ფარავნის ნაპირი.

35. *B. (Pomobombus) albopauperatus oreas* Skor.

ადიგენი, 27.VI, წიწვოვან კორომში.

36. *B. (Pomobombus) armeniacus* Rad.

ზეკარის გადასასვლელი, 21.VI.

37. *B. (Subterraneobombus) subterraneus latreillellus* Rby.

ნიგეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე.

38. *B. (Adventoribombus) simulatilis* Rad.

ზეკარის გადასასვლელი, 21.VI, მდელოზე.

39. *B. (Adventoribombus) velox* Skor.

ბოგდანოვკა, 5.VII, ფარავნის ტბის ნაპირი, სათიბ-სავარგულზე.

40. *Psithyrus rupestris* F.

ახალქალაქი, 7.VII, მდ. ფარავნის ნაპირი, სათიბ-სავარგულზე. აწყური, 17.VI, ხეხილის ბაღში.

41. *P. (Metapsithyrus) campestris* Panz.

აწყური, 17.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ადიგენი, 27.VI, სათიბ-სავარგულზე.

42. *P. maxillosus* Klug.

მინაძე, 2.VI ხეხილის ბაღში. არალი, 10.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ნიგოეთი, 13.VI, სათიბ-სავარგულზე. აწყური 17.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ახალციხე, 8.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

43. *P. (Fernaldaepsithyrus)* sp.

ბაღზო, 10.VII, წიწვოვან კორომში.

44. *P. (Allopsithyrus)* sp.

ახალქალაქი, 3.VII, მღ. ფარავნის ნაპირი, სათიბ-სავარგულზე.

45. *Psithyrus* sp.

ურაველი, 5.VI, ხეხილის ბაღში. ბაღზო, 9—11, VII, წიწვოვან კორომში.

46. *Nomada* sp.

ურაველი, 6.VI, ახალციხე, 8.VI, ასპინძა, 15.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

47. *Osmia* sp.

ახალციხე, 2.VI, მღ. ფოცხოვის სანაპირო. ურაველი, 4.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი. ბაღზო, 10.VI, წიწვოვან კორომში, ურაველი, 26.VII, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

48. *Megachile circumcincta* Rby.

ურაველი, 5.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი, ადიგენი, 25.VI, სათიბ-სავარგულზე. გოდერძის გადასასვლელი, 26.VI, მღელოზე.

49. *Megachile* sp.

ასპინძა, 14.VI, გორაკ-ბორცვიანი ფერდობი.

50. *Chalicodoma muraria* F.

ურაველი, 5.VI, აბასთუმანი, 19.VI, წიწვოვან კორომში.

51. *Anthidium manicatum* L.

თმოგვი, 13, VI, წუნდის ტბის მიდამოები.

ამგვარად, ჩვენ მიერ მესხეთ-ჯავახეთში რეგისტრირებულია ფუტკრისნაირთა 51 სახეობა, რომლებიც გავრთიანებულნი არიან 18 გვარში. მოპოვებული ფუტკრისნაირთა ყველა სახეობა ჩვენ მიერ პირველად აღნიშნული მესხეთ-ჯავახეთისათვის.

რაოდენობრივად მრავალრიცხოვანი სახეობებია:

*Halictus sexcinctus*, *Halictus* sp., *Andrena* sp., *Xylocopa valga*, *Tetralonia* sp., *Eucera* sp., *Apis mellifera*, *Anthophora acervorum*, *Anthophora* sp., *Bombus argillaceus*, *B. daghestanicus*, *B. apollineus*, *B. soroënsis*, *B. rehbin-deri*, *B. (pomobombus) alboluteus*, *Psithyrus maxillosus*, *Osmia* sp.

რაოდენობრივად მცირერიცხოვანი სახეობებია:

*Prosopis* sp., *Sphecodes* sp., *Melitturga clavicornis*, *Xylocopa violacea*, *Anthophora aestivalis*, *B. (Lapidariobombus) eriophorus*, *B. lucorum*, *B. (Hor-*

*tobombus) hortorum, B. tristis insipidus, B. portschinskii, B. (Pomobombus) albopauperatus oreas, Psithyrus rupestris, P. (Fernaldaepsithyrus) sp., P. (Allopsithyrus) sp., Psithyrus sp., Nomada sp., Megachile circumcincta, Chalicodoma muraria.*

ერთეული ეგზემპლარებით აღინიშნებოდა:

*Halictus major, H. xanthopus, Andrena carinata, A. allofasciata, Ceratina callosa, B. (Adventoribombus) mlokosiewitzi, B. (Alpigenobombus) alpigenus, B. incertus, B. (Pratobombus) haematurus, B. (Pomobombus) armeniacus, B. (Subterraneobombus) subterraneus latreillellus, B. (Adventoribombus) simulatilis, B. (Adventoribombus) velox, Psithyrus (Metapsithyrus) campestris, Megachile sp., Anthidium manicatum.*

ჩვენი მოპოვებული სახეობებით არ ამოიწურება მესხეთ-ჯავახეთში გავრცელებული ფუტკრისნაირთა სახეობრივი შედგენილობა. საჭიროა ამ სიმართლებით მუშაობის გაგრძელება.

ყველა ზემოთ აღნიშნული სახეობა ინახება საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ზოოლოგიის განყოფილების ფონდებში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმი

(რედაქციის მოუვიდა 14.10.1966)

ЭНТОМОЛОГИЯ

И. А. СХИРТЛАДЗЕ

## МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ФАУНЫ ПЧЕЛИНЫХ (APIDAE), РАСПРОСТРАНЕННЫХ В МЕСХЕТ-ДЖАВАХЕТИИ

Резюме

В 1964 г. в июне и июле зоологический отдел Гос. музея Грузии им. акад. С. Н. Джанашиа организовал экспедицию для изучения фауны Малого Кавказа, в частности Месхет-Джавахетии.

С целью установления видового состава пчелиных и распространения отдельных видов была обследована почти вся территория Месхет-Джавахетии. При этом был зарегистрирован 51 вид пчелиных, которые входят в 18 родов.

Все приведенные в работе виды впервые указываются для Месхет-Джавахетии.

Особенно многочисленными оказались 17 видов, незначительным количеством отличались 18 видов, единичными экземплярами встречались 16 видов.

Весь обработанный нами материал хранится в фондах зоологического отдела Гос. музея Грузии.

დაგროვებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ი. მუხლაძე. მთის რუხი ქართული ფუტკრის შესწავლის შედეგები გურიის მთიან ზონაში, საღისერტაციო შრომა ბიოლოგიურ მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი, 1964.
2. ს. ელენტი. ფუტკრის მოვლა-მოშენება. თბილისი, 1951.
3. К. А. Горбачев. Кавказская пчела и место ее среди других пчел. Тифлис, 1916.



6. შიშკაშვილი

ელასტიური ბოჭკოები სარძევე ჯირკვლის კიბოსწინარე დაავადებებსა და კიბოში

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ჯავახიშვილმა 13.8.1966)

ელასტიური ბოჭკოების ირგვლივ ლიტერატურაში მრავალი ცნობა მოიპოვება, თუმცა მისი რაობის საკითხი საუღლისოდ ჯერ კიდევ არაა საბოლოოდ გადაწყვეტილი.

ჩვენ მიზანს შეადგენდა სარძევე ჯირკვლის დისპორმონულ ჰიპერპლაზიებსა და კიბოში შეგვესწავლა ელასტიური ბოჭკოების მდგომარეობა და მათი ცვლილებები სარძევე ჯირკვალში აღმოცენებულ სტრუქტურულ ძვრებთან დაკავშირებით. სულ შესწავლილია სარძევე ჯირკვლიდან აღებული 50 პოსტოპერაციული შექმხვევა (12 მასტოპათია, 14 ფიბროადენომა, 24 კიბო). კონტროლის მიზნით შეისწავლებოდა აგრეთვე სიმსივნური კვანძიდან დაცილებული „სალი“ სარძევე ჯირკვლის ქსოვილი.

ნაჭრები ფიქსირდებოდა ა. შაბადაშის ნეიტრალურ საფიქსაციო ნარევეში, ყალიბდებოდა პარაფინში, ხოლო ანათლები (სისქით არა უმეტეს 5 მიკრონისა), იკვრებოდა ცხიმგაცილლ სასაგნე მინებზე.

ელასტიურ ბოჭკოებს ვავლენდით ვეიგერტის რეზორცინ-ფუქსინით და ორსეინით უნა-ტენცერის წესით. გარდა აღნიშნულისა, მივმართავდით შეღებვას ჰემატოქსილინით და ეოზინით (აგრეთვე პიკროფუქსინით — ვან-გიზონის წესით). ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ „ნორმალურ“ სარძევე ჯირკვლის ქსოვილში ელასტიკა კარკასისმაგვარად გარს არტყია სარძევე სავალეებს დაკლაკნილი, ხშირად ერთიმეორეში გადახლართული, ზოგან ნაზი, ზოგან არათანაბრადგატლანქებული ბოჭკოების სახით. იგი მცირე რაოდენობით არის ნახული აგრეთვე სტრომაშიც.

სარძევე ჯირკვლის მასტოპათიურ კვანძებში ელასტიური კარკასი აქვს მხოლოდ ზოგიერთ ჯირკვლოვან წარმოქმნას და წარმოდგენილია პარალელურად გახლავებული, დაკლაკნილი, ხშირად წყვეტილი ძაფებისა და ბოჭკოების სახით. ელასტიურ ბოჭკოთა ნაგლეჯები მოჩანს აგრეთვე ელასტიური კარკასის მქონე ჯირკვლოვან წარმოქმნათა ირგვლივ არსებულ სტრომაშიც. შერჩენილ ჯირკვალთაგან განსხვავებით, მასტოპათიურ კვანძებში მყოფი ახლადშექმნილი სარძევე სავალეები და ცისტური წარმოქმნები ელასტიურ კარკასს მოკლებულია. იგი არ მოიძებნება ასეთი ჯირკვლების ირგვლივ არსებულ სტრომაშიც.

აქედან გამომდინარე, ელასტიური კარკასის არსებობა ან არარსებობა ჯირკვლოვან წარმოქმნათა ირგვლივ სარძევე ჯირკვლის მასტოპათიურ კვანძებში, შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს, როგორც არსებული ჯირკვლების ახლადშექმნილისაგან განმასხვავებელი ერთ-ერთი ნიშანი.

ფიბროადენომულ კვანძებში არსებული ჭირკვლოვანი სტრუქტურები ელასტიურ კარკასს მოკლებულია. ელასტიური ბოჭკოები არ აღინიშნება აგრეთვე წილაკსშიდა სტრომაში და ინტრაკანალიკულური ფიბროადენომების მოზარდ, შემუშავებულ სტრომაში. ელასტიური ბოჭკოები, ხშირად დაწყვეტილი და ნაგლეჯების სახით წარმოდგენილი, აღინიშნება მხოლოდ ზოგიერთი ადენომური კვანძის ირგვლივ.

ჩვენს მასალაზე სარძევე ჭირკვლის კიბოებში ელასტიკა ან სრულიად არ აღინიშნება, ან მოიძებნება სტრომაში და ისიც უფრო ხშირად ქაოტიურად განლაგებული ძაფებისა და ბოჭკოების სახით, რომელთა მეტი წილი დაწყვეტილია. საინტერესოა, რომ ელასტიკის რაოდენობა ჩვენ მიერ შესწავლილ კიბოებში მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტადაა განვითარებული სტრომა და რაც უფრო მწიფე, ტლანჭი და ჰიალინიზირებული ბოჭკოებითაა ავი წარმოდგენილი.

ამგვარად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ სარძევე ჭირკვლის კიბოსწინარე დაავადებებში არსებული ელასტიკა არსებითად შერჩენილია, ე. ი. ის ბოჭკოები ან მათი ნაგლეჯებია, რომლებიც არსებობდა სარძევე სავალეების კედლებში თუ მათ ირგვლივ არსებულ სტრომაში. ელასტიკა ჭირკვლოვან წარმოქმნათა კედლებში მანამდე არსებობს, სანამ მოპროლიფერირე ეპითელი მთლიანად არ დაარღვევს ჭირკვლის კედელს (საკუთარი გარსის დაშლა). ახლადწარმოქმნილი, საკუთრივ სიმისივნიური, მალიგნიზაციის ამა თუ იმ სტადიაზე მყოფი ჭირკვლოვანი სტრუქტურები ელასტიურ კარკასს მოკლებულია. რაც შეეხება სარძევე ჭირკვლის კიბოს, მასში არსებული ელასტიკა ვფიქრობთ, რომ წარმოქმნილი უნდა იყოს კოლაგენისაგან, მისი ელასტოიდური გარდაქმნის საფუძველზე.

ჩვენს მიერ მოყვანილი მონაცემები სარძევე ჭირკვლის დისპორმოზულ ჰიპერპლაზიებსა (მასტოპათია, ფიბროადენომა) და კიბოში ელასტიური ბოჭკოების არსებობის, განაწილებისა და სტრუქტურული თავისებურებების შესახებ, ძირითადად შეესაბამება მ. ავერბახის [1] მონაცემებს იმ განსხვავებით, რომ აღნიშნული მკვლევარი საერთოდ უარყოფს სარძევე ჭირკვლის კიბოში ახლადწარმოქმნილი ელასტიკის არსებობას. ამ მხრივ ჩვენ ვეთანხმებით ა. ლასკინას [2], რომლის აზრითაც სარძევე ჭირკვლის კიბოში ელასტიკის არსებობა შესაძლოა წარმოადგენდეს კოლაგენის ელასტოიდური გარდაქმნის შედეგს. ეს არც უნდა იყოს გასაკვირი, თუ გავითვალისწინებთ, რომ სარძევე ჭირკვალში ჰარბობს კიბოს ისეთი ფორმები, რომლებშიც ინტენსიურად მიმდინარეობს კოლაგენური ბოჭკოების შექმნა, მაგრამ დარღვეულია კოლაგენოგენეზის პროცესი, რასაც თან სდევს მათი ჰიალინიზაცია, ურთიერთშეწყობება და, ალბათ, ცალკეულ უბნებში ელასტოიდური გარდაქმნაც.

სარძევე ჭირკვლის ფიბროადენომებში ელასტიკის არარსებობაზე ჯერ კიდევ ადრე მიუთითებდნენ მკვლევარები; უფრო მოგვიანებით კი—მ. გლაზუნოვი [3], მ. ავერბახი [1] და ზოგიერთი სხვა. აღნიშნულისაგან განსხვავებით, გ. ვალიაშკო [4], რომელიც ფიბროადენომებში ნახულობდა რა ელასტიურ ქსოვილს, მას ახლადშექმნილად მიიჩნევდა.

საერთოდ, კიბოში ელასტიკის არსებობის შესახებ საკმაოდ დიდი ლიტერატურა არსებობს. ჩვენ შევჩერდებით მხოლოდ იმ ლიტერატურულ წყაროებზე, რომლებშიც განხილულია სარძევე ჭირკვლის კიბოში ელასტიკის არსებობის საკითხი. მკვლევართა ერთი ჯგუფი მიუთითებს, რომ სარძევე ჭირკვლის კიბოს ქსოვილი შეიცავს ელასტიკის დიდ რაოდენობას, მეორე ჯგუფი საერთოდ უარყოფს სარძევე ჭირკვლის კიბოში ელასტიკის აღმოცენების შესაძლებლობას, ხოლო არსებული ელასტიკის ნაგლეჯებს მიიჩნევს როგორც შერჩენილს იმ ქსოვილისაგან, რომელშიც აღმოცენდა და განვითარდა სიმსივნე.

ჩვენი მონაცემების ანალოგიურად ზოგიერთი მკვლევარი [5] სარძევე ჭირკვლის კიბოში ელასტიკას ნახულობს მით უფრო მეტი რაოდენობით, რაც უფრო მეტადაა განვითარებული სტრომა. კერძოდ, ვოლფი [4] სარძევე ჭირკვლის ტვინოვან კიბოში ელასტიკას საერთოდ ვერ ნახულობდა.

დასკვნები

1. სარძევე ჭირკვლის დისპორმოზულ ჰიპერპლაზიებსა და კიბოში ელასტიური ბოჭკოები არ წარმოადგენენ სარძევე ჭირკვლის სიმსივნეების აუცილებელ და, აქედან გამომდინარე, დამახასიათებელ შემადგენელ ნაწილს.
2. სარძევე ჭირკვლის კიბოსწინარე დაავადებებში არსებული ელასტიკა ძირითადად შერჩენილია, წინადასებული ქსოვილის შემადგენელი ნაწილია, ხოლო სარძევე ჭირკვლის კიბოს შემთხვევებში იგი ვითარდება კოლაგენური ბოჭკოების თავისებური, ე. წ. ელასტიდური გარდაქმნის შედეგად.
3. სარძევე ჭირკვლის კიბოსწინარე დაავადებებსა და კიბოში ელასტიური ბოჭკოების რაოდენობა და განაწილება ზედმიწევნით სხვადასხვაგვარია და ეს დამოკიდებულია სიმსივნის სახესა და ფორმაზე, ატიპურობის ხარისხზე და ზრდის სისწრაფეზე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აღ. ნათიშვილის სახელობის მორფოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვიდა 13.8.1966)

АНАТОМИЯ

Н. И. ШИУКАШВИЛИ

ЭЛАСТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА В ПРЕДРАКОВЫХ  
РАЗРАСТАНИЯХ И РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Резюме

Цель настоящей работы — проследить в предраковых разрастаниях молочной железы (мастопатические и фиброаденоматозные узлы) и в раковых опухолях этого же органа состояние и распределение эластических волокон и их изменения при опухолевом росте.

Материалом для исследований послужили 50 оперативно удаленных молочных желез женщин: по поводу фиброзно-кистозной мастопатии — 12 случаев, фиброаденом — 14 и рака различной гистологической структуры — 24.

Результаты собственных исследований показали, что в «здоровой» ткани молочной железы эластические волокна циркулярными пучками окружают молочные протоки и в основном представлены нежными волокнами; местами эти волокна неравномерно утолщены и спаяны меж-



ду собой. В ряде случаев в строме, вблизи от парехимы, найдены единичные, неравномерно утолщенные, разной длины и направления волокна.

В мастопатических узлах молочной железы эластический каркас обнаруживается только вокруг предсуществовавших железистых образований (протоков, кист). Он представлен параллельно расположенными зигзагообразными нитями и волокнами эластики, которые часто разорваны на глыбки и комки. Глыбки эластических волокон видны также в строме, между теми железистыми образованиями, которые окружены эластическим каркасом. В отличие от предсуществовавших желез, эластика вовсе отсутствует как вокруг новообразованных протоков и кист, так и в окружающей их строме. Лишь изредка в строме вокруг новообразованных железистых структур удается наблюдать единичные эластические нити.

Исходя из этого, наличие или отсутствие эластического каркаса вокруг железистых образований в мастопатических узлах молочной железы может служить одним из критериев, дающих возможность отличить предсуществовавшие железы от новообразованных.

Железистые структуры фибroadеноматозных узлов лишены эластического каркаса. Эластические волокна отсутствуют также и во внутридольковой строме периканаликулярных фибroadеном и в растущей, рыхлой строме интраканаликулярных фибroadеном. В виде обломков они отмечаются лишь вокруг некоторых аденоматозных узлов (междольковая строма) в гиалинизированной волокнистой ткани.

Анализ собственного материала показал, что в раковых опухолях молочной железы эластической ткани или вообще нет, или она обнаруживается в строме в виде хаотично расположенных нитей и волокон, большая часть которых разорвана. Интересно указать, что количество эластики в изученных нами случаях рака тем больше, чем сильнее развита строма и чем больше она представлена гиалинизированными волокнами.

На основе всего изложенного выше можно заключить, что эластика, обнаруженная в предраковых разрастаниях молочной железы, фактически представляет собой предсуществовавшую эластическую ткань, т. е. она представлена теми волокнами и их обломками, которые имелись в стенках молочных протоков и в окружающей их строме. В раковых же опухолях молочной железы эластические волокна возникают путем эластидного превращения коллагеновых волокон.

#### დავოწმებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Авербах. Патология дисгормональных заболеваний и рака молочной железы. М., 1958.
2. А. В. Ласкина. Морфогенез дисгормональных гиперплазий и рака молочных желез. Автореферат, М., 1964.
3. М. Ф. Глазунов. Фибroadенома грудной железы и ее место в системе новообразовательных процессов. Архив патологической анатомии и патологической физиологии, 4, 2, 1938, 64.
4. Г. А. Валяшко. Об упругой ткани в новообразованиях. Дисс., Петербург, 1906.
5. Н. В. Копылов. Эластическая ткань в злокачественных новообразованиях. Русский хирургический архив, 14,1, 1908.



Т. Л. НАНЕЙШВИЛИ

## ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ЛИМБИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ КОШКИ ПРИ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ

(Представлено академиком И. С. Бериташвили 24. 9. 1966)

В последнее время интенсивно изучаются нейрофизиологические основы эмоционального поведения высших позвоночных животных. По мнению И. С. Бериташвили [1], древние переднемозговые образования играют существенную роль в возникновении субъективных переживаний чувства голода, сытости, страха, ярости, удовольствия и их внешних выражений посредством интеграции деятельности соматовегетативных центров гипоталамуса.

В литературе существуют данные, указывающие на то, что при эмоциональном возбуждении животного, наряду с наступлением десинхронизации фоновой электрической активности в структурах новой коры, от некоторых лимбических образований отводится электрическая активность в виде всплеск сравнительно высокочастотных волн [2—5]. Значение взрывной активности лимбических структур в поведении животных недостаточно ясно и требует дальнейшего исследования. Поэтому перед нами была поставлена задача изучить изменение фоновой электрической активности базолатеральной части миндалевидного комплекса и грушевидной коры при разных эмоциональных реакциях.

### Методика

Опыты ставились на взрослых кошках. Под нембуталовым наркозом хронические электроды вживлялись с помощью стереотаксического прибора. Координаты брались по атласу Сентаготаи [6]. Для вживления употреблялись константановые электроды. Диаметр изолированного кончика равнялся 100 — 150 мк. На черепе электроды фиксировались раствором стиракрила. Наружные концы электродов припаивались к специальным разъемам, что обеспечивало прочность контактов. Кабель от разъемов до предварительных усилителей четырехканального чернилопишущего электроэнцефалографа состоял из восьми изолированных многожильных проводов. Каждый многожильный провод с полиэтиленовой изоляцией всаживался в металлический чехол. Использование такого кабеля давало возможность одновременно при электрической стимуляции регистрировать электрическую активность мозговых структур. Раздражение интересующих нас структур производилось прямоугольными стимулами.

### Полученные результаты

Изучалось изменение фоновой электрической активности разных структур мозга кошки в связи с общими поведенческими реакциями. Электрическая активность регистрировалась от базолатеральной части миндалевидного комплекса, грушевидной коры, вентральной части гиппокампа, слухового и сенсомоторного анализаторов новой коры. При исследовании было замечено, что во время эмоционального возбуждения животного (настороженность, беспокойство или страх) в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре возникает взрывная активность в виде высокочастотных (35—40 в 1 сек) синусоидальных волн (рис. 1, Б). Эти волны возникают группами, и каждая группа имеет веретенообразную форму, что определяется первоначальным нарастанием и последующим постепенным снижением амплитуды медленных волн. В том случае, если бодрствующая кошка сидит спокойно, от вентральной части гиппокампа отводится т. н. тета-активность (4—7 в 1 сек), а взрывная активность в вышеуказанных структурах прекращается (на рис. 1, А и всех последующих рисунках).

Электрическое раздражение дорсальной части гиппокампа (2 в., 0,1 мсек, 60 гц) не вызывает изменения внешних реакций животного. Но во всех отводящих нами структурах в это время возникает судорожная активность, которая длится в течение 1 минуты после выключения электрического раздражения. После прекращения судорожной активности кошка оглядывается настороженно, зрачки расширяются и появляются признаки беспокойства (рис. 2, Г). В качестве контроля производилось электрическое раздражение вентральной части гиппокампа (3 в., 0,1 мсек, 60 гц), которое не вызывает эмоциональную реакцию. Хотя в это время электроэнцефалограмма меняется примерно таким же образом, как при раздражении дорсальной части гиппокампа, однако после прекращения судорожной активности в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре взрывная активность не возникает (рис. 2, Б, В).

В ответ на электрическое раздражение сетевидного образования среднего мозга кошка проявляет признаки страха (бежит в угол, мяукает, зрачки расширяются, дыхание учащается и часто наступает уринация). При этом на электроэнцефалограмме от базолатеральной части миндалевидного комплекса и от грушевидной коры отводится вышеуказанная активность (рис. 2, А). Если электрическая стимуляция ретикулярной формации среднего мозга берется в качестве безусловного раздражителя, а в качестве условного—тон, то легко можно выработать условное оборонительное поведение. После нескольких сочетаний тона с электрическим раздражением изолированное применение тона вызывало реакцию страха. Такое эмоциональное состояние длилось в течение 1—1,5 минуты после прекращения условного сигнала. При этом на электроэнцефалограмме от изучаемых нами древних переднемозговых образований отводится взрывная активность, которая длится дольше, чем двигательная реакция избегания, и не прекращается в течение 2—2,5 минуты.

Подобные изменения фоновой электрической активности наблюдаются и при условном пищевом поведении. Показ пищи голодному

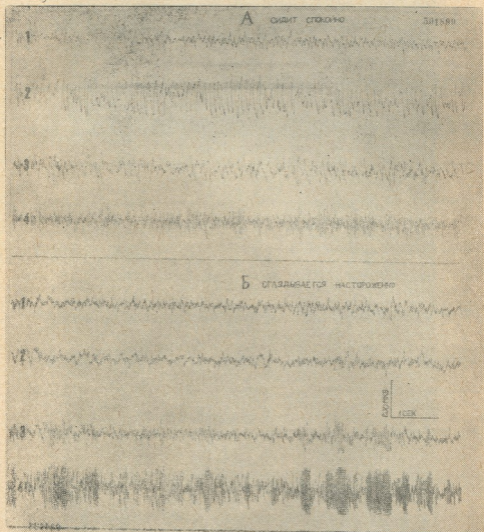


Рис 1. Характер фоновой электрической активности некоторых структур головного мозга кошки при спокойном состоянии (А) и при настороженности (Б): 1—слуховая кора; 2—вентральная часть гиппокампа; 3—базолатеральная часть миндалевидного комплекса; 4—грушевидная кора. Нумерация отводимых структур на всех рисунках одинакова

животному вызывает возникновение этой активности в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре. На сытом животном же не вызывает такого эффекта.

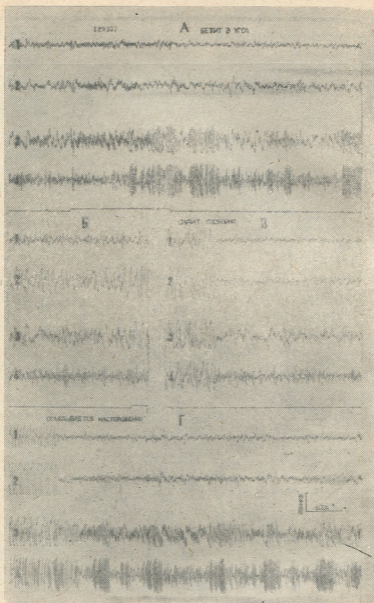


Рис. 2. Влияние электрического раздражения мезенцефалической ретикулярной формации (А), вентрального (Б—В) и дорзального (Г) гиппокампа на фоновую активность разных мозговых структур. Поднятие сигнальной линии указывает на включение, а опускание — на выключение электрического раздражения. Интервал между Б и В составляет 30 секунд. Г — электрическое раздражение дорзального гиппокампа вызывает следовой разряд, после исчезновения которого в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре возникает взрывная активность

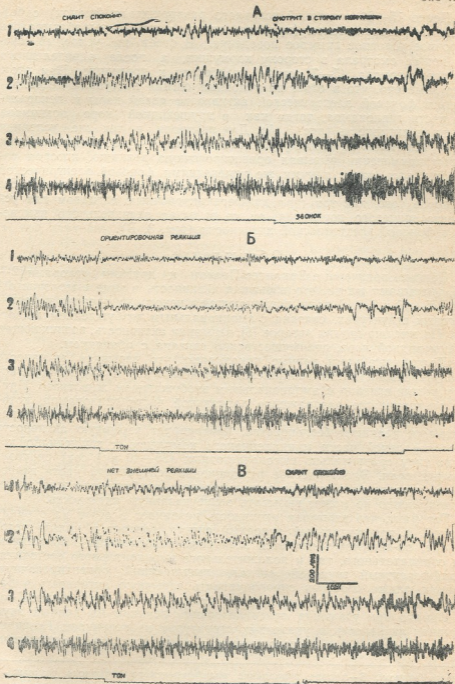


Рис. 3. Изменение фоновой электрической активности в ответ на звуковое раздражение; А — изменение электрической активности в ответ на условный пищевой



После 15—20 сочетаний условного раздражителя (звонок) с безусловным раздражителем (принятие пищи) у кошки вырабатывалось непрочное условное пищевое поведение. В ответ на условный сигнал кошка смотрела в сторону кормушки, а после определенного скрытого периода (5—7 секунд) подбегала к кормушке. При этом было замечено, что в ответ на условный сигнал наступала десинхронизация фоновой электрической активности новой коры и вентральной части гиппокампа, тогда как в грушевидной коре возникала взрывная активность (рис. 3, А). Для контроля в тех же условиях опыта испытывался индифферентный сигнал — тон. Последний при первом применении вызывал ориентировочную реакцию, которая сопровождалась точно такими же изменениями фоновой электрической активности, как и при даче условного пищевого сигнала (рис. 3, Б). Но после того, как тон стал дифференцировочным сигналом для условного пищевого поведения, он не вызывал значительного изменения в фоновой электрической активности (рис. 3, В).

### Обсуждение

Данные, полученные Эрнандес-Пеоном и другими авторами [2—5, 7], указывают на то, что взрывная активность в виде высокочастотных (35—40 в 1 сек) волн, возникающая в некоторых древних переднемозговых структурах, связана с эмоциональным возбуждением животных. По мнению других авторов [8], взрывная активность, возникающая в грушевидной коре, преимущественно связана с обонянием.

Полученные нами данные показывают, что взрывная активность базолатеральной части миндалевидного комплекса и грушевидной коры у кошки связана с эмоциональным возбуждением животного. Прямое электрическое раздражение дорсальной части гиппокампа, которое вызывает эмоциональное возбуждение животного, внешне выражающееся реакцией беспокойства, провоцирует взрывную активность базолатеральной части миндалевидного комплекса и грушевидной коры по типу сравнительно высокочастотных (35—40 в 1 сек) синусоидальных волн. Электрическое раздражение вентральной части гиппокампа, которое не вызывает эмоционального возбуждения животного, соответственно не может вызывать вышеуказанную активность.

Тот факт, что взрывная активность возникает в ответ на отрицательный и положительный условный сигнал, говорит в пользу того, что она, по-видимому, является электрофизиологическим выражением как отрицательного, так и положительного эмоционального состояния. Индифферентный звуковой сигнал, вызывающий ориентировочную реакцию также способен спровоцировать взрывную активность в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре. Однако при угашении ориентировочной реакции на данный звук взрывная активность в указанных структурах не возникает. По-видимому, это обусловлено настроенностью животного при ориентировоч-

---

сигнал (звонок); Б—первое применение индифферентного звукового раздражителя (тон); В—применение звукового раздражителя (тон) после того, как он превратился в дифференцировочный сигнал. Опускание сигнальной линии указывает на включение звукового раздражителя

ной реакции, которая является выражением эмоциональной реакции [9]. После многократного применения животное привыкает к данному звуковому раздражителю и эмоциональная реакция не возникает, из-за чего не появляется взрывная активность.

Наличием и отсутствием эмоционального возбуждения можно объяснить также тот факт, что при показе пищи у голодной кошки в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре возникает взрывная активность, а у сытой — нет. Для голодного животного пища является биологически важным объектом, вызывающим сильные эмоциональные сдвиги, тогда как для сытого животного пища является как бы индифферентным раздражителем.

Как было указано выше, при появлении тета-активности в вентральной части гиппокампа, взрывная активность в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре прекращается. Известно, что, если в головном мозгу существует возбужденный участок, под влиянием этого участка все остальные структуры мозга тормозятся по принципу общего торможения [1]. По-видимому, при активации вентральной части гиппокампа, выражающейся в возникновении тета-ритма, прекращение взрывной активности в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре обусловлено возникновением общего торможения.

### Выводы

1. При эмоциональных реакциях (настороженность, беспокойство, страх) в базолатеральной части миндалевидного комплекса и в грушевидной коре возникает взрывная активность высокочастотных (35—40 в 1 сек) волн, амплитуда которых пропорциональна степени внешнего выражения эмоциональной реакции.

2. Взрывную активность базолатеральной части миндалевидного комплекса и грушевидной коры можно спровоцировать раздражением тех структур мозга, возбуждение которых вызывает реакцию страха или беспокойства.

3. Взрывная активность возникает при даче как условного оборонительного, так и условного пищевого сигнала.

4. Видимо, эмоциональное поведение животных характеризуется взрывной электрической активностью базолатеральной части миндалевидного комплекса и грушевидной коры.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии

(Поступило в редакцию 24.9.1966)

ფიზიოლოგია

თ. ნანეიშვილი

ელექტრული აქტივობის ცვლილება კატის ლიმბიკურ

სტრუქტურებში ემოციური რეაქციების დროს

რეზიუმე

შეისწავლებოდა კატის თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურის ელექტრული აქტივობის ცვლილება ემოციური რეაქციების დროს. ცდების შედეგად გამოიკვია, რომ ემოციური რეაქციების დროს (დაყურადება, მოუსვენრობა, ში-



ში) ნუშისებრი ბირთვის ბაზოლატერალურ ნაწილში და მსხლისებურ ქერქში აღიძვრის მაღალი სიხშირის (35—40 წამში) ტალღები, რომელთა ამპლიტუდა პროპორციულია ემოციური რეაქციის გარეგნული გამოხატულებისა. ასეთი სახის აქტივობა თავის ტვინის აღნიშნულ სტრუქტურებში, შეიძლება აღძრულ იქნეს ტვინის იმ ნაწილების პირდაპირი ელექტრული გალიზიანებით, რომელთა აგზნება იწვევს ემოციურ რეაქციებს. გარდა ამისა, მაღალი სიხშირის ნელი ტალღები აღიძვრის როგორც დაცვითი პირობითი გალიზიანებლისა, ასევე კვებითი პირობითი გალიზიანებლის საპასუხოდ.

როგორც ჩანს, ცხოველთა ემოციური ქცევა ხასიათდება ნუშისებური ბირთვის ბაზოლატერალურ ნაწილში და მსხლისებურ ქერქში მაღალი სიხშირის (35—40 წამში) ნელი რხევების წარმოშობით.

#### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Бериташвили. Первые механизмы поведения высших позвоночных животных. М., 1961.
2. Т. Н. Ониани, Ц. А. Орджоникидзе. Изменение электрической активности некоторых структур головного мозга при общих поведенческих реакциях. Фонд Ин-та физиологии АН ГССР, 1967.
3. H. Lesse. Rhinencephalic electrophysiological activity during „emotional behavior“ in cats. *Psychiat. Res. Rep.*, 12, 1960, 224—237.
4. H. Hernandez-Peon, A. Lavia, C. Alcocer-Cuaron, J. P. Murcelin. Electrical activity of the olfactory bulb during wakefulness and sleep. *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 12, 1960, 41—58.
5. C. Galeano, Sh. Prieto, N. Ross, M. Pinegrue, A. Stirner, L. P. Arias. Electroencephalographic study of an „emotional“ conditioned behavior. *Acta Neurol. Latinoamer.*, 10, 1964, 137—152.
6. J. Szentagothai. A „stereotaxis“ eleven alapulo müszerek es alkalmazasuk. Budapest, 1958.
7. Л. А. Новикова, Г. Я. Хволес. Электрофизиологическое исследование обонятельного анализатора. *Физиол. журнал СССР*, XXXIX, № 1, 1953, 35—46.
8. F. Jacques, V. Didier. Bulbe olfactif chez le lapin au cours de la veille et du sommeil. *C. r. Soc. Biol.*, 158, № 3, 1964, 515—519.
9. Э. Г. Вацуро. Ориентировочный и исследовательский рефлекс и развитие их в онтогенезе и филогенезе. *Вопр. психол.*, № 1, 1962, 113—119.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Ц. Ш. ДЖАНЕЛИДZE

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ КОРКОВО-ПОДКОРКОВЫХ  
 ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПРИ ИСКУССТВЕННОЙ ГИПОТЕРМИИ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 28.6.1966)

Изменения в центральной нервной системе под влиянием искусственной гипотермии изучены многими авторами [1—8], однако большинство из них ограничивается наблюдениями над корой больших полушарий. Поэтому имеется относительно мало данных об изменениях активности подкорковых образований, их взаимосвязи с общими функциями организма и реактивности центральной нервной системы при внешней стимуляции во время охлаждения и последующего согревания.

Показателем функционального состояния коры больших полушарий может служить «реакция усвоения ритма», тогда как динамика изменений первичного ответа коры и подлежащих структур отражает изменения корково-подкорковых взаимоотношений, передачи и обработки информации в головном мозгу [9]. Между тем, именно эти особенности изменения нервной деятельности при общем охлаждении и согревании тела недостаточно освещены в литературе. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, предпринятых с целью изучения некоторых из указанных вопросов.

Методика

Опыты ставились на кошках, наркоз нембуталовый, интраперитонеальный (35 мг/кг). Животное фиксировалось в стереотаксическом приборе. По атласу Аймон-Марсана и Джаспера константаговые электроды погружали в следующие таламические образования: в задненаружное вентральное ядро VPL и наружное коленчатое тело GL. Биопотенциалы от ассоциативной, сенсомоторной и зрительной (первичной и вторичной) зон коры отводились монополярно с помощью серебряных, хлорированных электродов. Индифферентный электрод фиксировался над лобной пазухой.

Биоэлектрические потенциалы регистрировали на 16-канальном электроэнцефалографе фирмы «Альвар». Одновременно на двухлучевом катодном осциллографе «Диза-электроник» производилась фотосъемка первичных ответов зрительной зоны коры и GL на световые раздражения, наносимые с помощью светового стимулятора. Продолжительность всплеск 100 мсек, частота раздражения 1, 4, 6 и 10 в секунду. Переднюю лапку раздражали электрическим стимулятором (продолжительность стимула 0,3 мсек, сила 3—5 в, частота от 1 до 10 в секунду).

Артериальное давление измеряли в бедренной артерии. Дыхание регистрировали с помощью капсулы Маррея и манжетки, наложенной на грудную клетку кошки. С 24—23° охлаждения и до появления самостоятельных дыхательных актов во время согревания животных держали на искусственном дыхании. Число сердечных сокращений регистрировали электрокардиографически. Измеряли температуру твердой мозговой оболочки, прямой кишки и в части опытов подкожной клетчатки. Тело предварительно увлажненного животного подвергали охлаждению путем обкладывания пузырями со льдом. Охлаждали до температуры 20° в прямой кишке, при этом имело место пассивное снижение температуры на 1—1,5°. Согревание электрическими грелками начинали сразу после охлаждения и прекращали по достижении 33—35° ректальной температуры.

### Результаты исследований

Судя по общим функциональным показателям (артериальное давление, дыхание, пульс, температура), искусственная гипотермия под наркозом с охлаждением кошки до 20—18° ректальной температуры переносится удовлетворительно только при соблюдении определенного режима согревания. Жизненно важные системы в этих условиях функционируют соответственно уровню охлаждения и потребностям организма в кислороде на этом уровне [10].

Спонтанная биоэлектрическая активность различных участков головного мозга при искусственной гипотермии претерпевала системные изменения в виде начальной десинхронизации, синхронизации и последующей депрессии, отражающих определенное состояние мозговых систем. Уменьшение числа колебаний и их амплитуды по мере охлаждения тела завершалось полным угнетением электрической активности, которое наступало сперва в корковых, а затем в подкорковых образованиях на уровне 23—18°. Это свидетельствует об относительно большой индивидуальной устойчивости различных участков центральной нервной системы к воздействию холода при воспроизведении искусственной гипотермии и вариабельности уровня «физиологического нуля» [10], что подтверждается также результатами изучения их ответной активности.

В исходном состоянии животного в ответ на раздражение кожи лапки электрическим током с частотой 1—10 в секунду в контралатеральной стороне коры возникали первичные ответы в ритме раздражения. Их амплитуда колебалась от 100 до 125 мкв. Первичный ответ состоял из положительного и отрицательного колебаний. Двухфазные ответные потенциалы возникали и в VPL, но амплитуда была несколько меньше (50 мкв).

По мере охлаждения (до 32°) вызванные потенциалы коры не менялись ни по амплитуде, ни по частоте, тогда как потенциалы VPL уже имели тенденцию к повышению вольтажа (75—100 мкв), особенно при раздражении с частотой 1 или 4 в секунду. При снижении ректальной температуры в пределах 32—27° реакция усвоения ритма в коре не страдала, но уменьшалась амплитуда ответов (90, 70, 25 мкв соответственно 1, 4, 6 и 10 раздражениям в секунду), тогда как в VPL в

ответ на 1,4 и 6 раздражений в секунду амплитуда ответа достигала 100 мкв, а на 10 раздражений в секунду уменьшалась до 50 мкв.

В диапазоне 24—23° ректальной и 26—25° оболочной температур сенсомоторная кора не теряла способности отвечать на все частоты раздражения, лишь при 20° и ниже она переставала отвечать на 10 импульсов в секунду, усваивая остальные частоты раздражений. В это время в специфическом таламическом ядре потенциалы регистрировались по заданному ритму.

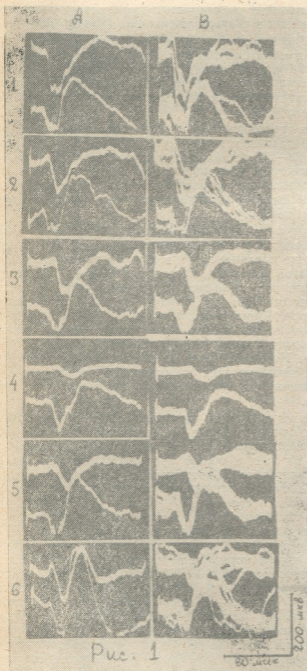
Во время согревания соотношения между сенсомоторной зоной коры и специфическим передаточным ядром развивались в обратном охлаждению порядке. С 22—23° ректальной температуры при удовлетворительном состоянии системы кровообращения в коре восстанавливалась способность следовать ритму раздражения по всем вышеуказанным частотам с нарастанием вольтажа первичного ответа по мере повышения температуры тела.

При световом раздражении сетчатки с частотой 1, 4, 6 и 10 в секунду во взаимоотношениях наружного коленчатого тела с зрительной корой отмечалась такая же картина, как и в каждом анализаторе. Однако зрительный анализатор оказался менее устойчивым к воздействию холода, индикаторами чего являются нарушение усвоения ритма и уменьшение амплитуды ответов при меньшей глубине гипотермии, чем в каждом анализаторе. Кроме того, при выведении из состояния гипотермии сравнительная нормализация взаимосвязи между нервными образованиями зрительного анализатора отмечалась только к концу согревания (33—35°). Наблюдавшееся повышение амплитуды вызванных потенциалов в специфических таламических структурах при охлаждении можно приписать высвобождению последних от тормозящих влияний коры.

До начала охлаждения изучение отдельных потенциалов, возникающих в ответ на одиночные световые раздражения, показало, что в зрительной первичной коре формировалось двухфазное колебание со скрытым периодом 15—20 мсек и общей продолжительностью 60—80 мсек. Амплитуда положительного потенциала равнялась в среднем 160, а отрицательного 100 мкв. В наружном коленчатом теле скрытый период ответного потенциала составлял 10—15 мсек при общей его продолжительности 50—60 мсек. Потенциал состоял из плюс-минус комплекса (положительная фаза 130, а отрицательная 120 мкв).

По мере охлаждения до 32—29° ректальной температуры латентный период первичного ответа коры увеличивался до 25—30 мсек с ростом общей продолжительности до 90—100 мсек. Амплитуда же положительного колебания возрастала до 200 мкв. В GL также отмечался рост скрытого периода (на 5—10 мсек) и общей продолжительности (на 13—16 мсек) ответа с амплитудой положительного колебания в среднем 130, а отрицательного 140 мкв (рис. 1, A<sup>2</sup>).

При 25—24° охлаждения скрытый период и общая продолжительность коркового ответа возросли до 35—38 и 120—125 мсек соответственно, вольтаж положительного колебания уменьшился до 170, а отрицательного до 30 мкв. В противоположность этому, вольтаж положительной фазы первичного ответа подкорки сравнительно с исходной величиной возрос до 145, а отрицательной до 110 мкв, скрытый период



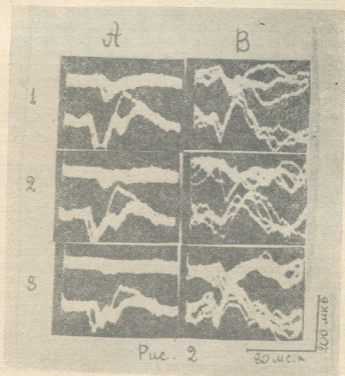
А — первичные ответы зрительной коры и GL на одиночные световые раздражения; В — суперпозиция первичных ответов зрительной коры и GL на одиночные раздражения. Верхняя кривая — зрительная первичная зона коры; нижняя кривая — наружное коленчатое тело GL. Динамика температур прямой кишки и твердой мозговой оболочки:

во время охлаждения — 1) температура прямой кишки  $36^{\circ}$ , твердой мозговой оболочки  $35^{\circ}$ ; 2) температура прямой кишки  $30^{\circ}$ , твердой мозговой оболочки  $30,5^{\circ}$ ; 3) температура прямой кишки  $25^{\circ}$ , твердой мозговой оболочки  $27^{\circ}$ ; 4) температура прямой кишки  $20^{\circ}$ , твердой мозговой оболочки  $24,5^{\circ}$ .

во время согревания 5) температура прямой кишки  $28^{\circ}$ , твердой мозговой оболочки  $28^{\circ}$ ; 6) температура прямой кишки  $33^{\circ}$ , твердой мозговой оболочки  $32,8^{\circ}$ .

составил 25 мсек при общей продолжительности потенциала 100 мсек (рис. 1, А<sup>3</sup>).

В пределах  $21-20^{\circ}$  ректальной температуры первичный корковый ответ остановился однофазным — отрицательный компонент исчезал, амплитуда положительного составляла  $50-60$  мкв, скрытый период возрастал до  $45$  мсек. Между тем, в наружном коленчатом теле скрытый период равнялся  $30-32$  мсек, но ответ сохранял свою двухфазность, вольтаж плюс-минус комплекса приближался к исходному ( $135$  и  $110$  мкв, рис. 1,  $A^4$ , рис. 2,  $A^{1,2,3}$ ).



А — Суперпозиция первичных ответов зрительной коры и GL на многократные световые раздражения (4, 6 и 10 в секунду) при  $20^{\circ}$  охлаждения; В — суперпозиция первичных ответов зрительной коры и GL на многократные световые раздражения (4, 6 и 10 в секунду) при  $33^{\circ}$  согревания; 1) четыре вспышки в секунду; 2) шесть вспышек в секунду; 3) 10 вспышек в секунду

В динамике согревания животного во всех опытах первичные ответы зрительной коры и наружного коленчатого тела претерпевали закономерные изменения. В пределах  $26-28^{\circ}$  ректальной температуры скрытый период коркового ответа несколько уменьшался, составлял  $35$  мсек; оставалась однофазность ответа с амплитудой  $140$  мкв. В GL продолжительность первичного потенциала также уменьшалась с параллельным укорочением и скрытого периода (на  $5-7$  мсек). Сам ответ имел двухфазную форму — положительная с вольтажем  $135$  и отрицательная  $145$  мкв.

К концу согревания ( $33-35^{\circ}$ ) время латентного периода ответов коры и подкорки приближалось к исходному показателю, составляя 20—22 и 15—17 мсек соответственно. К этому периоду в коре уже формировался двухфазный ответ с вольтажем отрицательного колебания 90—100, а положительного 188 мкв. В наружном коленчатом теле вольтаж положительного колебания составлял 165, а отрицательного 200 мкв. Эти показатели амплитудной характеристики коры и подкорки превышают исходные величины, из чего можно заключить, что мозг переходит в некоторое гиперэргическое состояние.

Таким образом, данные электрофизиологического анализа первичных ответов коры и подкорки в динамике искусственного охлаждения и последующего согревания организма позволяют думать, что первый этап охлаждения сопровождается общим гиперреактивным состоянием нервной системы, обусловленным неполной блокадой терморегуляторных механизмов. Причиной этого, по-видимому, следует считать применение нембуталового наркоза в наших опытах. Возможно, в этих условиях происходит переход в кровь избыточного количества гуморальных факторов, первым долгом адреналина, резко стимулирующего корковую электрическую активность [11].

Согласно известным морфо-физиологическим исследованиям [12], отрицательный компонент вызванного ответа можно считать результатом возбуждения поверхностных элементов коры импульсами от неспецифических афферентов. В наших опытах отрицательный компонент был особенно чувствителен к воздействию холода. Следовательно, допустимо, что гипотермическое торможение сопровождается блокадой проведения возбуждения, прежде всего в неспецифических путях. В противоположность этому, положительный компонент первичного ответа, выражающий активность клеточных элементов глубоких слоев (3—4-го) коры в ответ на импульсацию через специфические пути, не меняет своих функциональных свойств вплоть до развития «биологического нуля».

При искусственной гипотермии устанавливается своеобразная корреляция корково-подкорковых взаимоотношений: по мере охлаждения организма постепенно снимается нисходящее тормозящее влияние коры на подлежащие образования.

Изучение таламо-кортикальных связей выявило, что зрительный анализатор гомеотермного животного, который проходит только через головной мозг, более лабилен. Его резистентность к температурным колебаниям меньше, чем тактильных путей, пролегающих дополнительно и через весь спинной мозг. Однако не исключено, что выявленное различие зависит от неодинаковой устойчивости соответствующих нервных центров к изменению обменных процессов, тормозящихся под влиянием охлаждения головного мозга при общей гипотермии.

### Выводы

1. Первый этап охлаждения при воспроизведении искусственной гипотермии сопровождается общим гиперреактивным состоянием нервной системы, обусловленным неполной блокадой терморегуляторных механизмов.

2. Гипотермическое торможение центральной нереной системы сопровождается блокадой проведения возбуждения, в первую очередь в неспецифических путях, тогда как специфические афференты не меняют своих свойств вплоть до развития «биологического нуля».

В динамике охлаждения организма постепенно снимается нисходящее тормозящее влияние коры на подлежащие образования.

4. Зрительный анализатор гомеотермного организма проявляет меньшую резистентность к температурным колебаниям, чем тактильный анализатор.

Институт экспериментальной и  
клинической хирургии  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 28.6.1966)

ქსპერიმენტული ზოოლოგია

ც. ჯანელიძე

### ქერძისა და ზოგიერთი ქერძოვანა წარმონაქმნის ურთიერთობის შესახებ ხელოვნური ჰიპოთერმიის დროს

რეზიუმე

ხელოვნური ჰიპოთერმიის გავლენით პირველადი პასუხის ელექტროფიზიოლოგიურმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ გაცივების პირველ ეტაპს თან ახლავს ნერვული სისტემის ზოგადი ჰიპერრეაქტიული მდგომარეობა, რაც შეიძლება მიეწეროს ნემბულტალის, როგორც ჰიპოთერმიის დროს არასრულყოფილი ნარკოზის მოქმედებას. დასაშვებია, რომ ამ დროს სისხლში გადადის ჰუმორალური ფაქტორების, კერძოდ, ადრენალინის დიდი რაოდენობა, რაც ქერქული აქტივობის მკვეთრ სტიმულაციას იწვევს.

თუ პირველადი პასუხის უარყოფით კომპონენტს, რაც ჩვენ შემთხვევებში განსაკუთრებით მგრძნობიარეა სიცივის მოქმედებისადმი, არასპეციფიკური აფერენტების მიერ ზედაპირული ელემენტების გალიზიანების შედეგად ვალიარებთ, შეიძლება დავუშვათ, რომ აგზნების გატარების ბლოკი ჰიპოთერმიას თან ახლავს, უპირველეს ყოვლისა, არასპეციფიკურ გზებში, მაშინ, როდესაც პირველადი პასუხის დადებითი კომპონენტი, წარმოქმნილი სპეციფიკურ ქერქულ ქვეშა უბნებში, ინარჩუნებს თავის ფუნქციონალურ თვისებებს თვით „ბიოლოგიური ნოლის“ განვითარებამდე.

თალამო-ქერქული კავშირების შესწავლისას ხელოვნური ჰიპოთერმიის დროს აღმოჩნდა, რომ პომეოთერმული ორგანიზმის მხედველობითი ანალიზატორი უფრო მგრძნობიარეა ტემპერატურული რყევების მიმართ, ვიდრე ტაქტილური ანალიზატორი. არ არის გამორიცხული, რომ ეს სხვაობა დამოკიდებულია სათანადო ნერვული ცენტრების მეტაბოლური პროცესების შეცვლაზე თავის ტვინის გაცივებასთან დაკავშირებით.



## ღვათაფაშვილის ლიბრეიტურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Братусь. Влияние интероцептивных раздражений на электрическую активность коры головного мозга при гипотермии. Патол. физиология и эксп. терапия, 2, 2, 1958, 23—27.
2. И. С. Репин. Изменения ЭЭГ и реактивность мозга в условиях гиперкапнии. Патол. физиология и эксп. терапия, 5, 4, 1961, 20—26.
3. М. Б. Штарк. Биоэлектрическая активность изолированно охлажденного головного мозга. Патол. физиология и эксп. терапия, 8, 2, 1964, 55—60.
4. G. Chardon, D. Bonnet. Excitabilité corticale et hypothermie provoquée. *Compt. rend. Soc. Biol.*, 153, 5, 1959, 778—780.
5. C. A. Pagni, J. Courjon. Electroencephalographie modifications induced by moderate and deep hypothermia in man. *Acta neurochirurg.*, Suppl. 13, 1964, 35—49.
6. W. C. Pearcy, R. W. Virtue. The electroencephalogram in hypothermia with circulatory arrest. *Anesthesiology*, 20, 3, 1959, 341—347.
7. Takeshi Jshitoya. Hypothermia and cortical evoked potentials. *Tohoku J. Exper. Med.*, 72, 1960, 265—274.
8. W. Weinstein, J. H. Kendig, S. Goldring, J. O'Leary, H. Lourie. Hypothermie and electrical activity of cerebral cortex. *Arch. neurol.*, 4, 4, 1961, 441—448.
9. А. И. Ройтбак. Основные вопросы электрофизиологии центральной нервной системы. Киев, 1962, 75.
10. Ц. Ш. Джанелидзе. Об изменениях спонтанной активности различных областей головного мозга и некоторых функций организма при искусственной гипотермии. Сообщения АН ГССР, XVII, 3, 1966.
11. P. Dell, M. Bonvallet. Contrôle direct et réflexe de l'activité du système réticulé activateur ascendant du tronc cérébral par l'oxygène et le gaz carbonique du sang. *C. R. Soc. Biol.*, 1954, 148, 855—859.
12. П. К. Анохин. Вызванные потенциалы коры мозга и их значение для раскрытия нейрофизиологических основ электроэнцефалограммы. В кн.: «Современные проблемы электрофизиологических исследований нервной системы», М., 1964.



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

А. В. ЧАЧАВА

ДВИГАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ЖЕЛЧНОГО ПУЗЫРЯ ПРИ  
ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 22.7.1966)

В связи с переходом человечества в атомную эру — эру широкого применения в технике, биологии и медицине различных видов ионизирующего излучения возникает необходимость детального и всестороннего изучения изменений, происходящих в живом организме от воздействия ионизирующей радиации.

Изменениям функции различных органов и систем при лучевой болезни посвящено множество работ. Общее поражение организма и нарушение бронхо-легочной системы, пищеварительного тракта, выделительной системы и других органов у больных в ходе лучевой терапии и у различных экспериментальных животных после общего или местного облучения изучали, в частности, Г. А. Зедгенидзе, И. С. Амосов [1], А. Н. Кишковский [2], Т. Т. Курцин [3], Ю. Н. Успенский [4], Н. Н. и И. Н. Гарвей с соавторами [5] и др.

Различные функции желчного пузыря при лучевом поражении исследовали В. Д. Кикнадзе с соавторами [6] и др., а состояние функции желчного пузыря при острой лучевой болезни на небольшом клиническом и экспериментальном материале — Г. А. Зедгенидзе, И. С. Амосов, Л. Ф. Синенко [1], Н. К. Климов, Н. И. Попов, Н. А. Соловьев [7]. Однако состояние ее в различные периоды острой лучевой болезни и при хронической лучевой болезни изучено недостаточно.

Желчный пузырь, хотя и является самостоятельным органом в системе желчевыделения, тесным образом связан с деятельностью всего пищеварительного тракта, в котором, как известно, при лучевой болезни выявляются глубокие функциональные и морфологические изменения. Поэтому мы сочли необходимым изучить функцию желчного пузыря в рентгеновском изображении при острой и хронической лучевой болезни в эксперименте. Наша работа является одним из исследований по всестороннему изучению функций различных органов и систем при лучевой болезни, которое проводится большим коллективом под руководством Г. А. Зедгенидзе. Для изучения этого вопроса опыты проведены на 165 обезьянах и 71 собаке. Подопытные животные были разбиты на различные группы.

Для изучения концентрационной и двигательной функции желчного пузыря мы применяли методику внутривенной холецистографии. Животным натошак вводили 0,2 мл на 1 кг веса 20% билигноста, а в ряде опытов 30% билиграфина и после получения на рентгенограмме отчетливого изображения желчного пузыря (примерно через 1 час) вынуж-

дали животное принять пищевой раздражитель — 20 г сырого яичного желтка.

Всем собакам и обезьянам после предварительного просвечивания производили рентгеновские снимки области печени и желчного пузыря в следующие этапы: до введения контрастного вещества, в различные сроки после введения контрастного вещества, до полного заполнения пузыря, а затем через каждый час после дачи пищевого раздражителя до полного опорожнения пузыря или же до его вторичного наполнения. Всего каждому животному производили 5—8 рентгеновских снимков.

Изучение концентрационной функции желчного пузыря мы проводили путем сопоставления интенсивности тени пузыря в различные сроки после введения контрастного вещества у контрольной группы, в различных стадиях острой лучевой болезни и при хронической лучевой болезни различной тяжести.

Для определения двигательной функции желчного пузыря на рентгенограммах, сделанных в различные фазы опорожнения, мы измеряли длинник и поперечник пузыря, а также его площадь, пользуясь специальным приспособлением — планиметром. Такие измерения проводились у контрольных групп обезьян и собак, а также во всех стадиях острой лучевой болезни и при хронической лучевой болезни различной степени тяжести.

Для изучения скорости выделения желчи 15 собакам мы наложили фистулу на желчный пузырь и после их полного выздоровления измеряли количество желчи, выделяемое в течение 3 часов после введения пищевого раздражителя. Четыре собаки составили контрольную группу, у восьми собак была вызвана острая и у трех хроническая лучевая болезнь.

Кроме того, на 48 препаратах обезьян и собак мы изучали гистологическую картину печени и стенки желчного пузыря в норме, в различные стадии острой лучевой болезни и при хронической лучевой болезни.

Чтобы вызвать острую лучевую болезнь у обезьян, животных подвергали общему облучению дозой 590 рад на специальной кобальтовой установке; мощность дозы равнялась примерно 100 рад/мин.

Чтобы вызвать хроническую лучевую болезнь различной степени тяжести, обезьян в течение разных сроков (от 1 до 38 месяцев) подвергали общему облучению на другой специальной кобальтовой установке при ежедневной дозе от 1 до 4,5 р, суммарная доза составляла от 98 до 1500 рад.

Собак облучали на рентгеновской установке РУТ-200—20—3 по общепринятой методике.

Прежде чем приступить к исследованию функции желчного пузыря при лучевой болезни, мы изучали форму, положение, концентрационную и двигательную функции желчного пузыря у контрольной группы обезьян.

Концентрационная функция желчного пузыря заметно понижалась как при острой, так и при хронической лучевой болезни.

Поскольку трудно дать количественную оценку концентрационной функции желчного пузыря, большое внимание мы уделили изучению его двигательной функции, применив точную методику измерения площади пузыря в разных формах опорожнения.

В норме у обезьян опорожнение желчного пузыря занимало в среднем 3 часа. На холецистограммах здоровых обезьян, сделанных через час после введения билигноста, хорошо видна тень желчного пузыря. После введения пищевого раздражителя через 1 час желчный пузырь максимально сокращался, через 2 часа изменялись его форма и положение и через 3 часа желчный пузырь опорожнялся, обрисовывалась остаточная желчь, составлявшая в среднем 18% общего объема желчного пузыря.

Изменения двигательной функции желчного пузыря при острой лучевой болезни зависели от стадии заболевания и носили волнообразный характер.

На холецистограммах обезьян, сделанных в начальном периоде острой лучевой болезни — через 48 часов после облучения, как правило, отмечаются повышение тонуса желчного пузыря и ускорение эвакуации контрастной желчи.

В последующий скрытый период, т. е. на 7-е сутки после облучения, наблюдаются пониженный тонус желчного пузыря и замедление его опорожнения, а в период разгара — на 16-й день после облучения — дальнейшее понижение тонуса желчного пузыря и замедление его опорожнения, по сравнению со скрытым периодом.

На холецистограммах, сделанных в период выздоровления — на 25-й день после облучения, выявляется сравнительная нормализация двигательной функции желчного пузыря, однако концентрационная способность его остается ослабленной.

На основании рентгенологического изучения двигательной функции желчного пузыря 20 обезьян, обследованных в различные сроки острой лучевой болезни, установлены следующие закономерности: в начальном периоде наиболее интенсивное сокращение желчного пузыря отмечается в течение 1 часа после введения раздражителя, за это время происходит эвакуация около 60% желчи, полное опорожнение наступает через 1 час 40 минут, остаточная желчь составляет в среднем 22%.

В скрытом периоде выявлено равномерное сокращение желчного пузыря, а полное его опорожнение наступает через 3 часа 40 минут, остаточная желчь составляет 24%.

В период разгара сокращение желчного пузыря наиболее интенсивно от 3 до 4-го часа после введения раздражителя, а полное его опорожнение наступает через 4 часа 30 минут, остаточная желчь составляет 26%.

В период выздоровления двигательная функция желчного пузыря нормализовалась, наблюдалось равномерное сокращение желчного пузыря, полное его опорожнение наступало через 3 часа после введения раздражителя, остаточная желчь составляла 26% от общего объема пузыря. Данные, полученные на собаках, сходны с выявленными у обезьян.

При хронической лучевой болезни нами установлены следующие нарушения двигательной функции желчного пузыря: как показывают холецистограммы, у обезьян, страдающих хронической лучевой болезнью легкой степени, понижен тонус желчного пузыря и замедлено его опорожнение, а у обезьян, страдающих хронической лучевой болезнью тяжелой степени, по сравнению с легкой степенью, еще более понижен тонус желчного пузыря и замедлено его опорожнение.

На основании изучения 38 обезьян с различной степенью тяжести хронической лучевой болезни установлено следующее: с увеличением тяжести процесса нарастает понижение тонуса желчного пузыря и увеличивается время его опорожнения. Так, например, при легкой степени опорожнение заканчивается через 4 часа, при средней — через 6,5 часа, а при тяжелой — через 7 часов.

Данные, полученные на собаках, так же как и при острой лучевой болезни, в основном подтверждают данные экспериментов на обезьянах.

При отдаленных наблюдениях на обезьянах, перенесших острую лучевую болезнь, в случае выздоровления двигательная функция желчного пузыря нормализуется, однако в ближайшие сроки после заболевания наблюдается неполная нормализация функций, а через 3—7 лет на холецистограммах можно прочесть картину нормальной функции желчного пузыря.

Если же животное заболевает вторичной хронической лучевой болезнью, то в стадии обострения нарушение двигательной функции напоминает начальный период острой лучевой болезни.

Изучение скорости желчеотделения у контрольной группы собак и при острой и хронической лучевой болезни дало следующие результаты: в начальном периоде острой лучевой болезни скорость выделения желчи, по сравнению с нормой, уменьшается примерно на 20%, в скрытом периоде и в стадии разгара происходит дальнейшее уменьшение скорости желчевыделения, в период выздоровления скорость выделения желчи приближается к норме. При хронической лучевой болезни скорость выделения желчи уменьшается соответственно тяжести лучевой болезни.

### Выводы

1. При острой и хронической лучевой болезни в эксперименте в зависимости от периода и тяжести заболеваний функция желчного пузыря претерпевает определенные изменения, которые четко выявляются при внутривенной холецистографии.
2. Концентрационная функция желчного пузыря понижена во все периоды острой лучевой болезни и при хронической лучевой болезни. Степень нарушения зависит от тяжести заболевания.
3. Нарушения двигательной функции желчного пузыря при острой лучевой болезни зависят от периода заболевания и имеют волнообразный характер. В начальном периоде повышается тонус пузыря и ускоряется его опорожнение, в скрытом периоде и периоде разгара тонус пузыря понижен, а опорожнение замедлено, в периоде выздоровления двигательная функция нормализуется.
4. При хронической лучевой болезни понижается тонус желчного пузыря и замедляется его опорожнение. Стойкость и выраженность этих изменений увеличиваются с нарастанием тяжести заболевания.
5. В отдаленные сроки после перенесения острой лучевой болезни в случае выздоровления двигательная функция желчного пузыря не изменяется, а в случае развития вторичной хронической лучевой болезни в периоде ее обострения повышается тонус желчного пузыря и ускоряется его опорожнение.

6. Сопоставление данных рентгенологического исследования желчного пузыря, изучения скорости выделения желчи через фистулу желчного пузыря и гистологического исследования стенки желчного пузыря гозволяет с большой достоверностью судить о характере нарушения его функций в различные периоды острой и хронической лучевой болезни различной степени тяжести.

7. Результаты экспериментов, проведенных нами главным образом на обезьянах, могут быть с определенной осторожностью использованы при изучении лучевой болезни у человека.

Тбилисский государственный институт  
 усовершенствования врачей.

(Поступило в редакцию 22.7.1966)

მასპატივებელი მდივანი

ა. ჩაჩავა

ნაღვლის ბუშტის მამოძრავებელი ფუნქცია სხივური  
 დაავადების დროს

რეზიუმე

ჩვენს მიზანს შეადგენდა რენტგენოლოგიური მეთოდით (ინტრავენოზური ქოლესციტოგრაფია) ნაღვლის ბუშტის მამოძრავებელი ფუნქციის შესწავლა მწვავე და ქრონიკული სხივური დაავადების დროს, აგრეთვე მწვავე სხივური დაავადების შორეული შედეგების დროს.

დაკვირვება წარმოებდა 165 მაკაკა-რეზუსის ჯიშის მაიმუნსა და 71 უჯი-შო ძაღლზე. საკონტრასტო ნივთიერებად ვიყენებდით ბილიგნოსტსა და ბილიგრაფინს, ხოლო გამაღიზიანებლად 20 გრ. უმი კვერცხის გულს.

მაიმუნებში მწვავე სხივური დაავადების გამოსაწვევად ვაწარმოებდით ზოგად დასხივებას სპეციალურ კობალტის დანადგარზე დოზით 590 რადი, ხოლო ქრონიკული სხივური დაავადების გამოსაწვევად ვასხივებდით ზოგადად კობალტის დანადგარზე 1-დან 38 თვის განმავლობაში, დღე-ღამური დოზით 1-დან 4,5 რ; მთლიანი დოზა აღწევდა 98-დან 1500 რადამდე.

ძაღლები სხივდებოდნენ რენტგენის დანადგარზე საყოველთაოდ მიღებული მეთოდიკით.

ზემოთ მოყვანილი დასხივების მთლიანი დოზების მიღების შედეგად, ნაღვლის ბუშტის მამოძრავებელი ფუნქციის რენტგენოლოგიური შესწავლა ცხად-პყოფს, რომ მასში საგრძნობი ცვლილებები აღინიშნება.

ამგვარად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ნაღვლის ბუშტი იმ ორგანოთა რიცხვს მიეკუთვნება, რომელნიც ადრე რეაგირებენ დასხივებაზე.

მწვავე სხივური დაავადების დროს მამოძრავებელი ფუნქციის ცვლილებანი ტალღობრივი ხასიათისაა. საწყის პერიოდში ადგილი აქვს ნაღვლის ბუშტის აჩქარებულ დაცლას, ხოლო ფარულსა და გაღვივების პერიოდებში ნაღვლის ბუშტის დაცლა შიგთავსისაგან დივიანებულად წარმოებს.

მწვავე სხივური დაავადების გამოჯანმრთელების პერიოდში აღინიშნება მამოძრავებელი ფუნქციის ნორმალიზაცია. განსხვავებით მწვავე სხივური დაავადებისაგან, ქრონიკული სხივური დაავადების დროს ნაღვლის ბუშტის მამოძრავებელი ფუნქციის ცვლილებები ტალღობრივ ხასიათს არ ატარებს, აღინიშნება ნაღვლის დაგვიანებული ევაკუაცია, რომლის ხანგრძლიობა დამოკიდებულია მთლიანი დოზის სიდიდეზე, ე. ი. დაავადების სიმძიმის ხარისხზე.

მწვავე სხივური დაავადების შორეული შედეგების შესწავლა ცხადყოფს, რომ გამოჯანმრთელების შემთხვევაში 3—7 წლის შემდეგ, ნაღვლის ბუშტის მამოძრავებელი ფუნქცია ნორმალურია. ხოლო მეორადი ქრონიკული დაავადების განვითარების შემთხვევაში აღინიშნება ნაღვლის ბუშტის აჩქარებული დაცლა.

#### დასოფხივთლი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Зедгенидзе, И. С. Амосов и др. К проблеме лучевых реакций и лучевой болезни. Мед. радиология, № 2, т. 3, 1958, 1—10.
2. А. Н. Кишковский. Функциональные и морфологические изменения лимфатической системы при острой лучевой болезни (экспериментальные исследования). Труды Военно-мед. академии им. С. М. Кирова, т. 80, Л., 1958, 5—60.
3. Н. Т. Курцин. Ионизирующая радиация и пищеварение. Л., 1961, 1—298.
4. Ю. Н. Успенский. Влияние ионизирующего излучения на деятельность органов пищеварительного тракта. Мед. радиология, № 1, 1956, 66—68.
5. И. Н. Гарвей, Е. Н. Полютова, Г. Н. Елпатьевская. Хроническая лучевая болезнь в эксперименте. В кн.: «Рентгено-радиология, радиобиология и дозиметрия», М., 1952, 181—185.
6. В. Д. Кикнадзе, Л. М. Фридман, А. И. Абесадзе и др. Изменение желчеобразовательной функции печени при лучевой болезни. С5. трудов Н.-и. ин-та переливания крови им. акад. Г. М. Мухадзе, т. 6, 1959, 397—398.
7. П. К. Климов, М. М. Попов, Н. А. Соловьев. Двигательная функция желчного пузыря при острой лучевой болезни. Труды Ин-та физиологии им. И. П. Павлова АН СССР, т. 9, 1960, 232—236.
8. В. Л. Попков. Желчевыделение после общего рентгеновского облучения у собак с нарушенным функциональным состоянием высших отделов центральной нервной системы. Автореферат, Л., 1962, 1—13.

К. И. КАНДЕЛАКИ

## ЭНДОГЕННЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ КРОВЕТВОРЕНИЯ (ГЕМОПОЭТИНЫ) У ПОЧЕЧНЫХ БОЛЬНЫХ

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 11. 2. 1966)

Патогенез анемии при заболевании почек до настоящего времени остается неразрешенным вопросом, хотя давно привлекал к себе внимание исследователей. Интерес к изучению анемии брайтиков начал проявляться с конца XIX в. [1].

Причину развития анемии брайтиков некоторые авторы связывали с функциональным изменением костного мозга. Позже было уделено особое внимание патологоанатомическим изменениям, происходящим под воздействием токсических продуктов, накаплиющихся в крови больных брайтовой болезнью при уремической интоксикации. Большинство авторов рассматривает нарушение функции костного мозга как следствие именно уремической интоксикации [2].

Была высказана мысль, что одной из причин анемии является гидремия [3]. Затем в генезе анемических состояний стали придавать значение наблюдаемой при острых и хронических диффузных нефритах гематурии той или иной степени [1]. Большинство исследователей признавало и признает роль повышенного гемолиза эритроцитов в развитии анемии [4].

В механизме нарушения кроветворения придавали значение в основном четырем патогенетическим факторам: гидремии, геморрагии, гемолизу и нарушению кроветворения, связанным с накоплением в крови азотистых шлаков. Влияние гидремии в настоящее время исключено, так как в клинике было окончательно установлено, что объем крови у больных хроническим нефритом без отеков не изменен или даже снижен [2].

Исключено также значение в генезе анемии гематурии и геморрагий, так как клинические наблюдения доказывают, что геморрагии появляются лишь в поздней стадии развития уремии, а следовательно, анемии, и то не всегда. Хотя гематурия, особенно в острых случаях, и наблюдается в ранних стадиях заболевания, однако больной не теряет такого значительного количества крови, которое могло бы вызвать развитие анемии. Таким образом, влияние гидремии и гематурии исключено, но гемолиз и интоксикация костного мозга все еще остаются предметом дискуссии.

В настоящее время многие исследователи признают два механизма: наиболее частый — депрессия эритропоэза, редкий — гемолиз. В более позднем периоде появился ряд работ, в которых важное значение придавалось понижению кислотности желудочного сока [5]. Некоторые авторы связывают развитие анемии с пищевым режимом почечных боль-



ных, а именно с белковым голоданием [6]. Ряд авторов указывает на роль витаминной недостаточности, особенно витамина В<sub>2</sub> и А [7]. В отдельных работах в генезе анемии почечных больных оттеняется значение низкого содержания железа в сыворотке крови [8].

Большое внимание уделялось белковому составу сыворотки, так как глобулинам приписывают функцию транспорта железа [9].

А. А. Багдасаров, М. С. Дульцин [10], рассматривая патогенез анемии, подчеркивают роль  $\beta_1$ -глобулина-трансферина в связывании железа.

В настоящее время накопилось много экспериментальных и клинических работ, указывающих на важную роль печени в образовании не только фибриногена, но и других фракций белков крови, особенно альбуминов. Известна физиологическая роль, которую играют белки как пластический материал для форменных элементов крови и построения гемоглобина. Отсюда ясно значение изучения при анемии брайтиков белковой картины крови и ряда функциональных проб печени.

В последние годы выдвинута новая проблема, касающаяся гемопоэтинов сыворотки крови [11, 12]. После признания гемопоэтинов в качестве гуморального регулятора кроветворения в связи с клиническими наблюдениями, касающимися сочетания нарушений эритропоэза с почечными заболеваниями, особенно при почечной недостаточности, возник вопрос, связана ли наблюдаемая анемия с отсутствием почечного гемопоэтического фактора или же она обуславливается действием интоксикации при уремии.

В нашей работе была поставлена задача обнаружения коррелятивной зависимости между степенью анемии (по содержанию гемоглобина ввиду развития в преобладающем большинстве случаев гипохромной микроцитарной анемии) и рядом факторов, которые приведенными исследователями были положены в основу патогенеза данного вида анемии. С этой целью была изучена взаимосвязь гемоглобина с функциональным состоянием желудочной секреции (общая и свободная соляная кислота) и содержанием в сыворотке негемоглобинного железа.

Связь с состоянием белкового обмена изучалась с помощью определения белковых фракций сыворотки крови и некоторых функциональных проб печени. Роль интоксикации определялась содержанием остаточного азота и других белковых шлаков. Помимо того, степень анемии коррелировалась с содержанием в сыворотке, желудочном соке и слюне гемопоэтинов. Устанавливалась связь гемопоэтинов сыворотки с остаточным азотом, негемоглобиновым железом и белковыми фракциями сыворотки.

Материалом для настоящей работы послужили наблюдения над 183 больными болезнью Брайта. Для клинической характеристики отдельных случаев заболевания пользовались классификацией Е. М. Тареева, данной им в 1958 г. В соответствии с клинической картиной больные были разделены на три группы. Первую составляли 34 больных острым диффузным нефритом. Вторая группа охватывала 135 больных хроническим диффузным нефритом. По характеру течения заболевания все больные хроническим диффузным нефритом были разделены на две подгруппы: к первой относились 62 больных с сохраненной функциональной способностью почек, ко второй—73 больных хрониче-

ским диффузным нефритом с почечной недостаточностью. В третью группу вошло 10 больных дистрофическими заболеваниями почек — липоидным нефрозом (8) и амилоидозом почек (6). Контрольная группа охватывала 34 донора. Всего было изучено 217 человек. Из 183 больных мужчин было 109, женщин—74.

### Результаты исследования

Изучение 183 больных с различными формами брайтовой болезни показало наличие различных степеней гипохромной микроцитарной гипорегенераторной анемии. При остром диффузном нефрите (34 случая) особых изменений со стороны состава крови и костного мозга отметить не удалось. Эритропоэтическая функция костного мозга в данной группе сохранилась. При хроническом диффузном нефрите (62 случая) с сохраненной функциональной способностью почек лишь в отдельных случаях наблюдались легкая степень гипонормохромной, микроциртарной анемии и небольшая степень торможения созревания эритробластов в костном мозге.

В группе хронического диффузного нефрита с почечной недостаточностью (73 случая) в большинстве случаев отмечалась гипохромная и микроцитарная анемия, обычно гипорегенераторного характера, более выраженной степени, чем в предыдущей группе, часто сопровождаемая лейкопенией и тромбоцитопенией. Одновременно с углублением торможения созревания эритробластов наблюдалось омоложение клеток нейтрофильного ряда при сохраненной активности гранулопоэза.

В группе дистрофических заболеваний почек (14 случаев) при липоидном нефрозе особых изменений со стороны периферической крови и костного мозга не было. Отмечалось лишь резкое ускорение реакции оседания эритроцитов. При наличии амилоидоза почек небольшая степень гипохромной, микроцитарной анемии обусловлена, по-видимому, отставанием созревания эритробластов в костном мозге.

Со стороны желудочной секреции общая кислотность и свободная соляная кислота при наличии почечной недостаточности в большинстве случаев дают снижение, тогда как в остальных группах отмечена даже тенденция к повышению свободной соляной кислоты. Коррелятивная зависимость между содержанием свободной соляной кислоты и гемоглобином не получена.

Наличие азотемии и уремии не исключает возможности выработки в желудочном соке нормального, даже повышенного количества свободной соляной кислоты.

Коррелятивная связь между гемоглобином в периферической крови и негемоглобинным железом сыворотки установлена лишь в группах острого нефрита и хронического диффузного нефрита с почечной недостаточностью.

При хроническом диффузном нефрите, как с сохраненной функциональной способностью почек, так и с почечной недостаточностью, отмечена достоверная коррелятивная связь средней выраженности между гемоглобином периферической крови, общим белком и  $\beta$ -глобулинами сыворотки.

Функциональные пробы печени наиболее резко изменены при дистрофических заболеваниях почек. В группе хронического диффузного

нефрита с почечной недостаточностью они выражены резче, чем в группе с сохраненной функцией почек, особенно в сравнении со случаями острого диффузного нефрита. Коррелятивной связи между функциональным состоянием печени и развитием анемии брайтиков отметить не удалось.

Гемопозитический фактор сыворотки крови, равно как показатели желудочного сока и слюны, наиболее снижен по сравнению с выявленными в группе хронического диффузного нефрита с почечной недостаточностью. Коррелятивная связь между содержанием гемопозитического фактора сыворотки и гемоглобином отмечена при наличии хронического диффузного нефрита как с сохраненной функциональнсь способностью почек, так и с почечной недостаточностью.

Во всех группах заболеваний почек отмечена низкая и недостаточная коррелятивная связь между остаточным азотом, азотом мочевины крови, гемоглобином и содержанием в сыворотке гемопозитинов.

При сопоставлении гемопозитической активности желудочного сока и его кислотности, негемоглобинным железом и белковыми фракциями сыворотки выяснилась реальная связь гемопозитинов сыворотки с негемоглобинным железом и  $\beta$ -глобулинами, тогда как с другими фракциями белка закономерности не было выявлено. Взаимосвязь между количеством гемопозитического фактора желудочного сока и его кислотностью отсутствует.

Можно предположить, что при наличии азотемии и уремии в группе больных хроническим диффузным нефритом с почечной недостаточностью развитие анемии связано с понижением выработки гемопозитинов, обусловленным влиянием токсически действующих веществ, природа которых остается невыясненной.

Ввиду того что при хроническом диффузном нефрите с почечной недостаточностью имеет место развитие анемии той или иной степени, при проведении соответствующего антианемического лечения таких почечных больных надлежит учитывать недостачу гемопозитина.

Тбилисский государственный институт  
усовершенствования врачей

(Поступило в редакцию 11.2.1966)

კლინიკური მედიცინა

კ. კანდელაკი

ჰემოკოეზის ენდოგენური სტიმულატორები (ჰემოკოეპტინები)  
თირკმლით დაავადებულებში

რეზიუმე

ჩვენს მიზანდასახულებას წარმოადგენდა თირკმლებით დაავადებულებში — მწვავე, ქრონიკული ნეფრიტითა და თირკმლის დისტროფიით ავადმყოფებში განვითარებული ანემიის პათოგენეზის შესწავლა; სახელდობრ დადგენა იმისა, თუ რასთანაა დაკავშირებული ანემიის განვითარება. ამ მიზნით ჩვენ

შევისწავლეთ 183 თირკმლებით ავადმყოფში ჰემობოვში, ძვლის ტვინის ჰემობოვში რეგულატორები, ჰემობოვტინები, კუჭის მეავიანობა, არაჰემოგლობინური რკინა, ცილის ფრაქციები, ნარჩენი აზოტის რა სხვა.

მიღებული შედეგების მიხედვით დაეასკვნით, რომ თირკმლით ავადმყოფებში ანემიის განვითარების მიზეზი არის თირკმლების პარენქიმაში ჰემობოვტინების გამომუშავების დაქვეითება, ანუ მათი ნაკლოვანება. ამისათვის ამ ავადმყოფებში ანტიანემიური მკურნალობის ჩატარების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს მათში ჰემობოვტინების ნაკლოვანება.

დაამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Богданов-Березовский, К вопросу об изменениях крови при воспалительных заболеваниях почек. Дисс., СПб, 1895, 58.
2. Е. М. Тареев. Анемия брайтиков. Изд. фак. тер. клиники, 1, МГУ, 1929, 128.
3. С. С. Зимницкий. Болезни почек. Изд. Комбината изд. и печати ТССР, Казань, 1924, 180—232.
4. F. Volhard. Nierenkrankungen und Hochdruck. Leipzig, Barth, 1949, 330.
5. Г. А. Алексеев. Анемии (патогенез, клиника и лечение). (Библиотека практического врача). М., 1953, 137—140.
6. Е. А. Кочкарева. Морфологические изменения костного мозга при белковой недостаточности. Труды АМН СССР, «Вопросы питания», вып. 2, М., 1950, 100—103.
7. В. Д. Вышегородцева. Функциональное состояние костного мозга у больных алиментарным истощением и влияние на него гемотрансфузии. Сборник научных трудов 2-го Ленинградского мед. ин-та, Л., 1947, 286—310.
8. А. И. Германов. Важный метод функциональной диагностики. Медицинская газета, № 14 (2177), 1963.
9. М. Н. Волк. Изменения белковых фракций крови и содержания фибриногена при анемиях. В сб.: «Вопросы гематологии и антикоагулянтной терапии», Л., 1960, 22—37.
10. А. А. Багдасаров, М. С. Дульцин. Патогенез анемии. В кн.: «Руководство по внутренним болезням», т. VI, М., 1962, 116—117.
11. М. Г. Кахетелидзе. Экспериментально-патологические исследования гемопозитического фактора желудка с помощью нового метода. Автореферат, М., 1952.
12. Н. А. Федоров, А. М. Намятышева, М. Г. Кахетелидзе. Изучение гемопозитического фактора желудка при помощи моторики гемокультур. Проблемы гематологии и переливания крови, т. 1, № 1, 1956, 10—16.

## კლინიკური მდიცინა

ს. ფალავანდიშვილი

მარცხენა ვენური ხვრელის სტანოზის ძირუბრიული მკურნალობა  
ორსულობის დროს

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 20.10.1966)

80 ორსული ქალიდან გულით ავადმყოფია დაახლოებით ერთი; მათგან 90% დაავადებულია გულის სარქველების შექნილი მანკით [1]; შექნილი მანკებიდან კი უმეტესად გვხვდება მარცხენა ვენური ხვრელის კომბინირებული მანკი, ან „სუფთა სტენოზი“ მ. მ ა ხ მ უ დ ბ ე კ ო ვ ა ს [2] მონაცემებით 25,5%-ში, ე. უ კ რ ა ი ნ ც ე ვ ა ს [3] მიხედვით—45%-ში, ხოლო მ ე ნ დ ე ლ ს ო ნ ი ს [4] მიხედვით—75%-ში. ასევე მაღალია სიკვდილიანობის პროცენტი აღნიშნული მანკის დროს. მაგ., ა. ტ ა რ ა ს ე ვ ი ჩ მ ა [5] 200 დაღუპული ორსული ქალის სექციის შედეგად, რომელთა სიკვდილის მიზეზი არ იყო ორსულთა პათოლოგია, 142 შემთხვევაში ნახა მარცხენა ვენური ხვრელის სტენოზი.

ასეთ შემთხვევებში უკანასკნელ დრომდე ეჭიმებს ჰქონდათ ორი მეთოდი: გაეკეთებინათ საკეისრო გაკვეთა, რაც უმეტეს შემთხვევაში დედის სიკვდილით მთავრდებოდა ან გაეწირათ ნაყოფი.

გულის ქირურგიის განვითარების შემდეგ, შესაძლებელი გახდა გამონახულიყო მესამე, ჯერჯერობით ყველაზე რაციონალური მკურნალობის მეთოდი, ოპერაცია — კომისუროტომია ორსულობის დროს.

ცნობილია, რომ საკეისრო გაკვეთის შედეგ, როდესაც ანოვანილი იქნება ნაყოფი, სისხლი, რომელიც მანამდე დეპონირებული იყო პლაცენტარული სისხლის მიმოქცევაში, გადადის სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში და შევიწროებული მიტრალური სარქველი ველარ ასწრებს ჭარბი სისხლის გატარებას წინაგულიდან პარკუჭში. ვითარდება შეგუბებითი მოვლენები ფილტვის სისხლძარღვებში, რასაც უმეტეს შემთხვევაში თან სდევს ისეთი საშიში გართულება, როგორცაა ფილტვის შეშუბება. აღნიშნული მდგომარეობიდან ავადმყოფის გამოყვანა პრაქტიკულად შეუძლებელია. საერთოდ, ასეთი ავადმყოფები იღუპებიან თვით მშობიარობის პროცესში, ან მშობიარობიდან უახლოეს პერიოდში. გარდა ამისა, საკეისრო გაკვეთა არ ხსნის შემდგომში გულზე ოპერაციის შესაძლებლობას, მაშინ როდესაც, კომისუროტომიის შემდეგ საკეისრო გაკვეთა ნახევარზე მეტ შემთხვევაში აღარაა საჭირო.

აღსანიშნავია ისიც, რომ კომისუროტომია ხსნის ქალის სტერილიზაციის საკითხს, ავადმყოფი ქალები ხშირად განმეორებით ორსულდებიან და აქვს ნორ-

მალური მშობიარობა იმ შემთხვევაში, თუ ნაოპერაციევი ქალი არ დაავადდება განმეორებით და არ გადაიტანს რევმატულ პროცესს.

მიტრალური კომისუროტომია ორსულობის დროს პირველად გაკეთებული და აღწერილი იქნა 1952 წ. [6].

სსრ კავშირში, ეს ოპერაცია გაკეთებულ იქნა 1959 წ. სსრ კავშირის მედიცინის მეცნიერებათა აკადემიის გულისა და სისხლძარღვების ქირურგიის ინსტიტუტში დოც. გენინის [7] მიერ.

ჩვენ ამ საკითხის შესწავლა დავიწყეთ 1964 წ. დღემდე ნაოპერაციევი 42 ავადმყოფი. ავადმყოფი ქალები საოპერაციოდ შემოდით ორსულობის სხვადასხვა პერიოდში. 38 ავადმყოფი—8 კვირიდან 29 კვირის ჩათვლით; 2 ავადმყოფი—30 კვირისა; 1 ავადმყოფი—33 კვირის შემდეგ; 1 ავადმყოფს ოპერაცია გაუკეთდა ორსულობის უკანასკნელ კვირაში (ავადმყოფთა ასაკი—19-დან—34 წლამდე). ერთი ავადმყოფი იყო პირველმშობიარე—40 წლისა.

42 ავადმყოფს კლინიკური და ლაბორატორიული გამოკვლევების შემდეგ დაესვათ დიაგნოზი — მარცხენა ვენური ზვრელის სტენოზი, აქედან 4 მიტრალური სარქველის რესტენოზი.

ავადმყოფობის სიმძიმე ხასიათდებოდა აკად. ა. ბაკულევისა და ე. დამირის მიერ მოწოდებული კლასიფიკაციით. დაავადების განვითარების II სტადიაში იყო 1 ავადმყოფი, III სტადიაში—25, IV სტადიაში—16 (დაავადების ხანგრძლივობა—2-დან 17 წლამდე). თითქმის ყველა ავადმყოფი ანამნეზში აღნიშნავდა რევმატიზმს, ანგინას.

23 ავადმყოფს კლინიკაში შემოსვლისას აღნიშნებოდა დეკომპენსაციის მოვლენები (გადიდებული ღვიძლი, ძლიერი ქოშინი, ტაქიკარდია, სისხლდენა ცხვირიდან, შეშუპებითი მოვლენები ქვემო კიდურებზე).

5 ავადმყოფს წარსულში (ორსულობამდე) ჰქონდა ფილტვის შეშუპების შეტევა. ერთი ავადმყოფი კლინიკაში შემოვიდა ორსულობის უკანასკნელ კვირაში. ყველას გაუკეთდა ოპერაცია—მიტრალური კომისუროტომია. აქედან 5 ავადმყოფს — ოპერაციის ათვისების პირველ ეტაპზე თითის საშუალებით, 32 ავადმყოფს — ღუბოს მიერ მოწოდებული ინსტრუმენტით მარცხენა პარაკუჭიდან. 5 ოპერაცია გაკეთდა მარჯვენამხრივი მიდგომით, ოპერაციები ჩატარდა ინტუბაციური ნარკოზით. ინტუბაციის დროს 5 ავადმყოფს განუვითარდა ფილტვის შეშუპების წინარე მდგომარეობა, რომლის კუპირებაც 3 შემთხვევაში შესაძლებელი გახდა კომისუროტომიამდე ძლიერ მოქმედი საგულე საშუალებების გამოყენებით და ორ შემთხვევაში—სასწრაფო ოპერაციის შემდეგ.

აღსანიშნავია, რომ ყველა ავადმყოფს ზომაზე მეტად გაგანიერებული და დაქიშული ჰქონდა ფილტვის არტერია (3,5-დან 6,5 სმ-მდე), რაც, ალბათ, იმით აიხსნება, რომ ფილტვის არტერიის გამოხატულ პიკოტენზიასთან ერთად ადგილი აქვს თვით ორსულობის ვავლენას მაღლა აწეული დიაფრაგმის გამო. მარცხენა პარაკუჭის კედელზე აღნიშნებოდათ სხვადასხვა სიძლიერის დიასტოლური შუილი. 7 შემთხვევაში აღინიშნა რეგურგიტაცია, 10 შემთხვევაში—მიტრალურ სარქველზე დანადები კალცი.

როგორც წესი, მარცხენა ვენური ხვრელი დილატატორით განიერდებოდა 3,5 და—4,0 სმ-მდე გულის ზომების შესაბამისად. კომისუროტომიის შემდეგ ზომიერი რევურგიტაცია 1,0-მდე განუვითარდა 4 ავადმყოფს.

ოპერაციის თავისებურებიდან უნდა აღინიშნოს, რომ გული ორსულ ქალებს მეტად აღზნებული აქვთ და ინსტრუმენტის უმნიშვნელო მიკარება პერიკარდ-ზეც კი გულის რითმის დარღვევას იწვევს (ერთეული და პოლიტოპური ექსტრა, სისტოლიები ჯგუფური, წინაგულოვანი და პარკუქოვანი ექსტრასისტოლიები, კვანძოვანი რითმი, სრული ატრიოვენტრიკულარული ბლოკადა).

ოპერაციებმა ჩაიარეს გართულებების გარეშე. სიკვდილიანობას ადგილი არ ჰქონია.

ოპერაციის შემდგომ პერიოდში გართულება არ აღემატება იმ გართულებათა პროცენტს, რომელსაც ვხვდებით არაორსულ ქალებში. ერთ ავადმყოფს განუვითარდა მარცხენა ფილტვის ტოტალური ატელექტაზი. ერთ ავადმყოფს ინტუბაციის დროს მბგერავი იოვის გაწყვეტის შედეგად განუვითარდა სასულეს ალერგიული შეშუპება, რის გამოც ოპერაციიდან მე-4 დღეს დაედო ტრაქეოსტომა. ტრაქეოსტომის დადების დროს უეცრად გაუჩერდა გული. ამ მდგომარეობიდან ავადმყოფი გამოყვანილ იქნა ენერგიული კონსერვატული თერაპიის ჩატარებით. ავადმყოფი ინტუბურებულ იქნა და გადავიყვანეთ ხელოვნურ სუნთქვაზე. 12 საათის შემდეგ ავადმყოფმა დაღვარა წყლები და დაეწყო შშობიარობა, რის გამოც გაუკეთდა ხელოვნური აბორტი. 3 დღის განმავლობაში ავადმყოფის მდგომარეობა კრიტიკული იყო, შემდეგ თანდათან გამოკეთდა და 26-ე დღეს გაწვერეთ კარგ მდგომარეობაში. 42 შემთხვევიდან ხელოვნური აბორტი გაუკეთდა 2-ს, დანარჩენი 40 ბავშვი ცოცხალია.

განსაკუთრებით აღნიშვნის ღირსია შემთხვევა, როცა ოპერაცია ვაკეთებულ იქნა ორსულობის უკანასკნელ კვირაში.

ავადმყოფი ტი-ვა, 25 წლისა, 38—39 კვირის ორსული, მესამე ორსულობა, პირველი ორი ხელოვნურად შეწყვეტილ იქნა ავადმყოფის საერთო მდგომარეობის გაუარესების გამო. ავადმყოფი შემოვიდა ჩივილებით: ფილტვის შეშუპების ხშირი შეტევები, ძლიერი ქოშინი, სისხლდენა. ავადმყოფი გამოყვანილ იქნა სამშობიარო სახლიდან, სადაც უკანასკნელი კვირის განმავლობაში ორჯერ ჰქონდა ფილტვის შეშუპება. უკანასკნელი შეტევიდან ავადმყოფი გამოყვანილ იქნა უდიდესი დაძაბვის შემდეგ. მხედველობაში მივიღეთ რა ავადმყოფის საერთო მდგომარეობის სიმძიმე, ძლიერად გამოხატული გულის ნაკლოვანების მოვლენები, მიღრეკილება ფილტვის შეშუპებისადმი, კონსერვატული თერაპიის უეფექტობა (გარდა ამისა, ავადმყოფს აღენიშნებოდა სამეანო პათოლოგია — ვიწრო მენჯი II ხარისხისა), გადავწყვიტეთ გავგვეკეთებინა ერთ მომენტად ორი ოპერაცია — მიტრალური კომისუროტომია და საკეისრო გაკვეთა.

იმისათვის, რომ ნაყოფს რაც შეიძლება ნაკლები რაოდენობის სანარკოზო ნივთიერება მიეღო, თავდაპირველად ვაკეთებულ იქნა საკეისრო გაკვეთა, ამოვიყვანეთ ბავშვი მღებრობითი სქესისა (2,8 კგ). ბავშვი ასფიქსიაში არ ყოფილა. შემდეგ გავაკეთეთ მიტრალური კომისურატომია. ორივე ოპერაციის ხანგრძლიობა არ აღემატებოდა 1 საათსა და 40 წუთს. მიტრალური სარქველი შევიწროვ-

ბული იყო 0,3 სმ, მკერივი ფიბროზული ნაპირებით, რეგურგიტაციისა და კალკინოზის გარეშე. სარქველი გაგანიერებულია 4,0 სმ-მდე ორივე კომისურის გათიშვის ხარჯზე.

ავადმყოფმა გაიღვიძა საოპერაციო მაგიდაზე. ჰემოდინამიკური მაჩვენებლები ოპერაციის მსვლელობის დროს ნორმალური იყო, არტერიული წნევა 100/70 მმ; P—80—90.

ოპერაციის დამთავრებიდან 6 საათის შემდეგ ავადმყოფის მდგომარეობა გაუარესდა. უეცრად დაკარგა მეტყველება, განუვითარდა მარცხენამხრივი ანიზოკორია და მარჯვენამხრივი არასრული მონოპარეზი. ძლიერმოქმედი კონსერვატული საშუალებების გამოყენების შემდეგ შესაძლებელი გახდა ემბოლიის შემდგომი განვითარების შეჩერება. ოპერაციიდან მე-5 დღეს ავადმყოფობას დაერთო მოციმიციმე არითმია. მე-10 დღეს ფსიქოზის მოვლენები. მაგრამ მე-14 დღიდან აფაზიისა და მონოპარეზიის მოვლენებმა გაიარეს და 29-ე დღეს ავადმყოფი ბავშვთან ერთად გაწერილ იქნა. ოპერაციიდან 6 თვის შემდეგ ოპერაციის შედეგი შეფასებულია, როგორც კარგი.

ჩვენ მიერ წარმოდგენილი მონაცემები შესაძლებლობას გვაძლევს გამოვთქვათ აზრი, რომ ოპერაცია — კომისუროტომია — ორსულობის დროს, მედიცინის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე არის მკურნალობის ყველაზე ეფექტური მეთოდი.

ოპერაციის დადებით შედეგს უნდა ველოდოთ იმ შემთხვევებში, თუ იგი გაკეთებულია 12-დან—28 კვირის ორსულობის ფარგლებში, რადგანაც 12 კვირამდე დრო საჭიროა პლაცენტის მოსამწიფებლად, ხოლო 28 კვირის შემდეგი დრო საჭიროა იმისათვის, რომ დედის ორგანიზმი შეეჩვიოს ჰემოდინამიკის ახალ პირობებს.

ოპერაციის გაკეთება შესაძლებელია 28 კვირის შემდეგაც, მაგრამ ჩვენებები ამ შემთხვევაში განსაკუთრებით გულდასმით უნდა იქნეს დასმული, რადგანაც გართულებები ამ დროს გაცილებით მეტია.

გულისა და სისხლძარღვების ქირურგიის ინსტიტუტი  
მოსკოვი  
(რედაქციას მოუვიდა 20.10.1966)

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

С. В. ПАЛАВАНДИШВИЛИ

**ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ СТЕНОЗА ЛЕВОГО  
ВЕНОЗНОГО УСТЬЯ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ**

Резюме

Стеноз левого венозного устья является пороком сердца, наиболее часто встречающимся среди беременных женщин. Митральный стеноз и митральные пороки вообще привлекают внимание врачей потому, что именно на эти пороки приходится основная масса летальных исходов у беременных с пороками сердца. Особенно ответственными являются процесс родов и ранний послеродовый период.



Оперативное прерывание беременности у них в поздние сроки сопряжено с большим риском и часто имеет летальный исход.

С целью предупреждения тяжелых осложнений в родах и раннем послеродовом периоде в последнее время кардиологи стали успешно применять оперативное лечение митрального стеноза во время беременности.

В ИССХ АМН СССР произведены 42 комиссуротомии у больных митральным стенозом во время беременности.

Возраст больных — от 18 до 40 лет.

Срок беременности — от 8 до 39 недель.

Одной больной произведена одномоментная операция — митральная комиссуротомия и кесарево сечение на последней неделе беременности.

Все операции прошли гладко, летальных исходов не было.

По нашим данным, наиболее оптимальные сроки операции — от 3 до 8 месяцев беременности.

#### დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Kay, Smith. Surgery in the Pregnant Cardial patient Amer. J. Cardiology, vol. 12, № 3, 1963, 277—422.
2. М. К. Махмудбекова. Беременности и роды при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. Автореферат, 1960.
3. Э. Украинцева. Ревматические пороки при беременности. Акушерство и гинекология, т. 4, 1962.
4. Mendelson. Amer. J. Obstetric Gynecy, vol. 69, № 6, 1955, 1233—1258.
5. А. Я. Тарасевич. Некоторые данные о материнской летальности при сердечных заболеваниях. Вопросы акушерско-гинекологической помощи, М., 1963.
6. Dogliotti. Mitral comisyratomy in pregnancy. J. Toratic and Cardiovascular surgery, vol. 39, № 5, 1960.
7. С. А. Колесников, А. В. Ванина, Н. М. Генин: Операция на сердце во время беременности. Второй съезд акушеров и гинекологов, 1965.

С. П. КИПИАНИ, Т. Г. МГЕЛАДЗЕ, Э. М. КАКАУРИДЗЕ,  
М. Н. ЦЕРЕТЕЛИ

## К КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ БАРИТОЗА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Джавахишвили 5. I. 1967)

Прошло 40 лет после описания [1] баритоза, но многие вопросы, касающиеся фиброзирующего свойства барита, все еще остаются неизученными.

Имеющаяся по данному вопросу зарубежная литература [2—6] в основном касается описания отдельных случаев баритоза и, следовательно, не может дать ответа на множество неясных вопросов этой патологии. Вместе с тем, многие исследователи подразумевают под баритозом простое отложение пыли барита в легких, не вызывающее нарушения со стороны органов дыхания и являющееся рентгенологическим сюрпризом [7—9].

Противоречивые данные содержат и работы отечественных авторов, изучавших вопросы баритоза. Так, М. М. В и д е р л и [10, 11], проводивший эксперименты по установлению влияния пыли барита на легкие, отрицает существование баритоза как одной из разновидностей пневмокониоза, но, вместе с тем, выявленные им гистологические изменения в легких в виде пылевых узелков именуется баритозом.

Шире изучен вопрос влияния барита на организм Г. И. Р у м я н ц е в ы м [12, 13], однако и его работы содержат некоторые противоречия, что справедливо отмечает Ф. М. К о г а н [14]. И действительно, утверждения автора относительно того, что рентгенологическая картина отражает происходящий в легких фиброзный процесс, не подтверждаются данными его гистологических исследований. Согласно последним, пыль барита вызывает развитие в легких узелковых образований, представляющих собой лишь клеточные скопления.

М. Л. П и г у л е в с к о й [15, 16] удалось установить возможность развития фиброзных изменений в легких при интратрахеальном введении животным пыли барита. Однако автор указывает, что отложение пыли барита в легких не всегда ведет к развитию фиброзного процесса в них.

Воздавая должное исследователям, особенно отечественным, в изучении проблемы баритового пневмокониоза, нельзя не отметить, что в их работах не даются ответы на многие вопросы, без знания которых трудно составить полную клинико-рентгенологическую характеристику того или иного вида пневмокониоза. В частности, отсутствуют убедительные клинические данные о фиброзирующих свойствах барита, не



установлены частота его распространения, сроки возникновения и течения и т. д.

Изучение перечисленных вопросов представляется важным с точки зрения охраны здоровья большого количества рабочих, занятых на добыче, переработке и применении барита, и в то же время имеет большое принципиальное значение, поскольку лишний раз подтвердит несостоятельность утверждения о «монопольности» кварца в развитии пневмокониоза. Следует отметить, что для решения этих вопросов на баритовых предприятиях республики имеются вполне благоприятные условия. А именно баритовые месторождения Грузии отличаются (за исключением Маднеульского) высоким содержанием в руде барита при ничтожном количестве, а иногда и полном отсутствии кварца.

Среди баритоносных районов СССР Грузия обладает наиболее значительными месторождениями как по запасу, так и по качеству руды. Наряду с рабочими, занятыми на добыче, длительному воздействию пыли барита подвергаются рабочие, занятые на обогащении и переработке его, а также рабочие баритового и литопонного цехов.

Почти все операции по добыче и переработке барита сопровождаются выделением пыли, в десятки раз превышающей предельно допустимые концентрации по СН 245—63. Пыль мелкодисперсная и основную ее массу составляют пылевые частицы размером до 2 мк. Содержание свободной двуокиси кремния в баритовой руде равно 0,36—4,4%, а в ряде проб она вовсе отсутствует.

Настоящее сообщение охватывает результаты наших наблюдений, проводимых в течение ряда лет над рабочими, занятыми на добыче, переработке, обогащении и применении барита. При обследовании и динамическом наблюдении нами применялись общеизвестные клинкорентгенологические и функциональные методы исследования.

Из общего числа обследованных рабочих диагноз пневмокониоза был поставлен у 2,4%. К этой цифре следует отнести с большой осторожностью, поскольку пневмокониоз нами был выявлен лишь у упаковщиц и грузчиков барита. Рабочих этих двух профессий объединяет тождественность условий труда, в частности высокая запыленность воздуха и пребывание их в этих условиях в течение всего рабочего дня.

Как показали наши наблюдения, рентгенологическая картина баритоза обладает рядом особенностей, резко отличающих его от других видов пневмокониоза.

В I стадии заболевания на рентгенограмме легких привлекают внимание мелкозернистые, одинаковые по интенсивности и форме тенеобразования, не превышающие 1—2 мм, на фоне распространенного сетчатого фиброза и уплотнения корней легких. Тенеобразования, несмотря на свои малые размеры, отличаются большой интенсивностью и четким очертанием контуров. Они могут распространяться в обоих легких от ключицы до диафрагмы с некоторым преобладанием справа. Иногда они занимают более ограниченные среднемедиальные участки легких. Плевральные изменения, как правило, отсутствуют.

Во II стадии баритового пневмокониоза оба легких на всем протяжении от верхушки до диафрагмы густо усеяны тенеобразованиями, размеры которых также не превышают 1—2 мм. Последние иногда расположены в такой близости друг от друга, что легочный рисунок едва намечается и, таким образом, не представляется возможным судить о наличии или об отсутствии фиброзного процесса и об изменениях корней легких. Иногда же узелковые тени расположены по всем легочным полям на фоне мелкой ячеистости.

Обследования больных спустя 6—8—10 лет после прекращения контакта с пылью барита позволили проследить за динамикой рентгенологической картины баритового пневмокониоза. Через 3—4 года после прекращения контакта количество узелковых теней уменьшается, затем они постепенно исчезают и спустя 9—10 лет создается впечатление обратного развития или же уменьшения пневмокониотического процесса за счет исчезновения узелковых тенеобразований, обусловленных скоплением в легких конгломератов пыли рентгеноконтрастного барита.

Однако, вопреки утверждению некоторых авторов, с исчезновением узелковых теней мы обычно наблюдали формирование диффузно-склеротического фиброза в виде усиления и уплотнения корней легких, периферонхиальной тжестистости, усиления и деформации бронхосудистой легочного рисунка с мелкой сетчатостью.

Пневмокониоз I стадии у баритовых рабочих характеризуется почти полным отсутствием субъективной симптоматики, а с нарастанием стабильности наблюдается появление отдельных астенических симптомов и характерной для пневмокониоза «триады» жалоб. В I стадии заболевания скудостью характеризуются и физикальные данные исследования легких. Во II стадии наступает некоторое обогащение объективных данных в виде появления признаков базальной эмфиземы и рассеянных сухих, свистящих хрипов. Как показали динамические наблюдения, баритовому пневмокониозу присущи появление и нарастание интенсивности субъективных симптомов заболевания за относительно короткий срок (2—3 года), когда рентгенологическая картина остается стабильной.

Изучение функционального состояния аппарата внешнего дыхания позволило установить, что пневмокониоз у рабочих баритового производства протекает с явлениями респираторной недостаточности. Первым делом обращает на себя внимание тенденция к повышению ЖЕЛ, составляющей в среднем  $103 \pm 3,8\%$  и достигающей в отдельных случаях при I стадии заболевания  $114—120\%$ , что свидетельствует о развитии компенсаторной, не сопровождающейся потерей эластичности ткани, эмфиземы, главным образом базальных отделов легких [17]. Наряду с этим, имеют место изменение объемных соотношений между тремя фракциями ЖЕЛ, перераспределение легочных объемов, в частности уменьшение дополнительного воздуха и повышение резервного, в результате возрастания легочной вентиляции и снижения дыхательных резервов. Явно изменены и респираторные показатели, изучаемые при нагрузках на дыхательный аппарат и тем самым отражающие резервные возможности легких. Так, отмечается снижение МВЛ, составляющей в среднем  $68 \pm 4,5\%$  и достигающей в отдельных случаях  $46—50\%$ . Соот-



ветственно за счет снижения МВЛ резко снижен коэффициент Генслера (в среднем  $0,65 \pm 0,25$ ). В половине случаев наблюдается и снижение индекса Тиффно.

Отмечается снижение и пневмотахометрических показателей, отражающих состояние проходимости бронхов. После применения бронхолитических средств пневмотахометрические показатели увеличиваются незначительно (на  $0,2-0,3$  л/сек), что свидетельствует о нарушении бронхиальной проходимости в результате органических изменений (эндо- и перибронхиты).

Таким образом, среди рабочих баритового производства нами выявлены случаи пневмокониоза, имеющего характерную клинико-рентгенологическую картину и протекающего с явными функциональными нарушениями респираторного аппарата.

Возникает вопрос, чему обязан в своем происхождении пневмокониоз рабочих баритового производства — исключительно пыли барита или содержащейся в ней в ничтожном количестве свободной двуокиси кремния, могущей при наличии высокой запыленности воздуха, как это имеет место в наших случаях, приобрести патогенное значение, создать опасность развития пневмокониоза. Против такого предположения говорит то обстоятельство, что развитие кониотического процесса от такого малого количества кварца потребовало бы более длительного контакта с пылью, чем это имеет место в наших случаях (2—4 года). Но самым убедительным аргументом, говорящим, на наш взгляд, о фиброзирующих свойствах пыли барита, следует считать обнаружение совершенно однотипных изменений в легких, с одной стороны, у грузчиков барита и, с другой, у упаковщиц литопона, находящихся под воздействием пыли литопона, содержащего чистый сульфат бария. Это позволяет высказать мнение, что в обоих случаях имеем дело с чистым баритовым пневмокониозом — баритозом, одним из видов пневмокониоза в истинном его смысле. На основании наших наблюдений можно утверждать, что накопление в легких пыли барита в количествах, находящихся свое рентгенологическое отражение, как правило, влечет за собой развитие диффузно-интерстициального фиброза.

Следовательно, имеется основание опровергнуть мнение ряда авторов, подразумевающих под баритозом отложение в легких пыли, создание депо, и, таким образом, отказывающих бариту в фибропластических свойствах.

Совершенно очевидно, что накопление в легких пыли, в частности баритовой, связано с превалированием процесса поступления ее в легкие над процессом самоочищения путем выделения пыли с мокротой или фагоцитоза. Этот фактор, безусловно, является ведущим, но не единственным в образовании депо пыли барита, о чем свидетельствуют наши наблюдения, согласно которым при прочих равных условиях (запыленность воздуха рабочей зоны, экспозиция воздействия пыли, стаж работы и т. д.) баритозом заболело большинство, но не все упаковщицы литопона и не все грузчики барита. Не менее важным является преморбидное состояние организма, в частности состояние его иммунологической активности, имеющей большое значение в освобождении легких от пыли путем его фагоцитоза, состояние дренажа бронхов, фактора, определяющего выделение пыли из легких и т. д.

Таким образом, баритоз характеризуется клинико-рентгенологическими особенностями, обусловленными рентгенонепроницаемостью пыли барита, чем он резко отличается от других видов пневмокониоза. Однако следует оговориться, что в этом отношении баритоз не является единственным и имеет много общего с аппатитозом.

Аппатит—фторфосфорнокальциевая соль, ценное сырье для получения суперфосфатного удобрения, и барит—сульфат бария не имеют никакого химического сходства, но их объединяет важное с гигиенической точки зрения свойство рентгеноконтрастности, что и определяет тождественность рентгенологической картины и сроков возникновения аппатитоза и баритоза.

Несмотря на большое рентгенологическое сходство баритоза с аппатитозом, между ними имеется и определенная разница. А именно аппатитоз характеризуется относительным богатством субъективной симптоматики, которая нередко предшествует выявлению пневмокониоза [18, 19], в отличие от баритоза, при котором клинические данные весьма скудны и развиваются позднее, лишь в стадии рентгенологического «расцвета» [18]. Кроме того, если аппатитозу часто сопутствуют изменения верхушечной, междолевой и аксиллярной плевры, иногда с клиническим проявлением, то при баритозе совершенно отсутствуют как клинические, так и рентгенологические признаки повреждения плевры.

### Выводы

1. Баритоз характеризуется клинико-рентгенологическими особенностями, обусловленными рентгеноконтрастностью барита и отличающими его от других видов пневмокониоза.

2. Через 1,5—2 года работы в условиях высокой запыленности обнаруживаются своеобразные двухсторонние изменения в легких в виде интенсивных, не сливающихся теней с довольно четкими контурами, не превышающими в диаметре 2—3 мм и распространенными по всем легочным полям. Освобождение легочной ткани от пыли барита продолжается длительно, в процессе его на рентгенограмме начинают выявляться изменения в легочной ткани типа диффузно-интерстициального фиброза. В начальном периоде баритоза характерна скудость субъективных и объективных проявлений, но с развитием фибротических изменений усиливается субъективная симптоматика и появляются признаки респираторной недостаточности.

3. Баритоз характеризуется доброкачественным течением. Фиброз носит диффузно-интерстициальный характер и не выходит за пределы I стадии.

4. Установление начальной стадии баритоза в виде отложения пыли барита следует считать показателем для перевода больного на другую работу, не связанную с пылеобразованием.

Институт гигиены труда и профзаболеваний  
им. Н. И. Махвиладзе  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 5.1.1967)

ს. ყიფიანი, თ. მგელაძე, ე. კაკაურიძე, მ. წიკიტელი

## ბარიტოზის კლინიკურ-რენტგენოლოგიური დახასიათებისათვის

რ ე ზ ი მ ე

ბარიტის მოპოვებაზე, გადამუშავებასა და გამოყენებაზე დაკავებულ მუშათა ჯანმრთელობის შესწავლისა და დინამიკური დაკვირვების შედეგების საფუძველზე ბარიტოზი განხილულ უნდა იქნეს როგორც პნევმოკონიოზის ერთ-ერთი დამოუკიდებელი სახე.

ბარიტის მტვერის რენტგენოკონტრასტულობით ბარიტოზს ახასიათებს ზოგიერთი რენტგენოლოგიური თავისებურება. დაავადების პირველ სტადიაში ფილტვების რენტგენოგრაფიაზე ყურადღებას იპყრობს წვრილმარცვლოვანი, ერთნაირი ფორმისა და ინტენსივობის, მკაფიოდ შემოფარგლული, 1—2 მმ ზომის ჩრდილები, რომლებიც გაფანტულია ბადისებრივი ფიბროზისა და გაძლიერებული ფილტვის კარის ფონზე. ზოგჯერ ჩრდილოვანი წარმონაქმნები მთლიანად ფარავს ფილტვის ქსოვილს დაწყებული ლავიწებიდან დიაფრაგამამდე (მეორე სტადია), რის გამოც ფიბროზული ცვლილებები აღარ მოჩანს.

ბარიტის მტვერთან კონტაქტის შეწყვეტიდან 3—4 წლის შემდეგ ჩრდილოვანი წარმონაქმნების რიცხვი თანდათან მცირდება, 9—10 წლის შემდეგ სრულიად ქრება და, მრავალი მკვლევარის მტკიცების საწინააღმდეგოდ, ფილტვის ქსოვილში, როგორც წესი, მოჩანს მკაფიოდ ჩამოყალიბებული ორმხრივი ფიბროზული პროცესი.

თუ ბარიტოზის პირველ სტადიას ახასიათებს სუბიექტური და ობიექტური სიმპტომების სიღარიბე, მეორე სტადიაში თავს იჩენს ასთენიური და პნევმოკონიოზისათვის დამახასიათებელი ჩივილები, ბაზალური ემფიზემის მოვლენები და რესპირატორული აპარატის აშკარად გამოხატული ფუნქციური უკმარისობა.

ბარიტოზი ხასიათდება ნელი და კეთილთვისებიანი მიმდინარეობით და იფარგლება მეორე სტადიით. ბარიტოზის კეთილთვისებიანობის მაჩვენებელია მისი შედარებით მცირე გავრცელება ბარიტის მოპოვებაზე, გადამუშავებასა და გამოყენებაზე დაკავებულ მუშებში.

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Fiori. Contributo alla clinica et alba radiologia delle pneumoconiosi rare: la pneumoconiosi da bario. L'ospedale maggiore, 1926, 3, 14, 78, 84.
2. G. Pancheri. Etude de deux pneumoconioses non silicotiques observées en Italie: la théa-pneumoconiose et la barytose. Arch. Belg. Médecine Soc., Hygiène, Médecine du travail et Médecine légale, 8, 1950, 485—495.
3. E. P. Pendergrass, R. R. Greening. Baritosis. Arch. Indust. Hyg. occup., Med., 7, 1, 1953, 44—48.
4. P. Michaud et F. Thiodet. Sur un cas de baritose professionnelle. Algerie med., 60, 5, 1956, 410—412.

5. P. Delwaulle. Sur un cas de barytose. Arch. malad. profess., 23, 10—11, 1962, 687—689.
6. M. Mongin et M. Lallemand. Un cas de barytose pulmonaire chez un malade atteint de sclérodermie. J. Frances de Méd. et chirurg. Thorac., 16, 2, 1962, 175—182.
7. J. Rosmanith, E. Knöpfelmacher. Další případ zaprášení plic siranem barnatým. Pracovní lékařství, 9, 2, 1957, 140—142.
8. P. Michaux, A. Fourrier, J. Thioget, A. Viala et H. Laffont. Un cas barytose professionnelle traité sans succès par la calcitétracémate disodique. Arch. malad. profess., 23, 4—5, 1962, 291—293.
9. E. Balgairies. Pneumoconioses non sclerogènes dues à des poussières minérales. La Revue du prat., 8, 11, 1958, 1207—1215.
10. М. М. Видерли. К рентгенодиагностике баритиноза (экспериментальное исследование). Вестник рентгенологии и радиологии, 2, 1954, 22.
11. М. М. Видерли. К морфологической характеристике экспериментального баритиноза. Тезисы докл. конфер. патологоанатомов республик Закавказья, Средней Азии, Казахской ССР, Дагестанской и Башкирской АССР по проблемам краевой патологии, Баку, 1956, 122—123.
12. Г. И. Румянцев. К вопросу о баритозе. Гигиена и санитария, 4, 1958, 17.
13. Г. И. Румянцев. Действие производственной пыли барита и чистого сернокислого бария на организм. В кн.: «Борьба с силикозом», 4, 1959, 58—62.
14. Ф. М. Коган. Рецензия на сборник статей «Токсикология редких металлов». Гигиена и санитария, 8, 1964.
15. М. Л. Пигулевская. Действие пыли свинцово-баритового и свинцово-цинкового рудников на легкие животных в эксперименте. Изв. АН КазССР, 3, 1963, 30—37.
16. М. Л. Пигулевская. Гигиеническая оценка производственной пыли некоторых рудников Ачмсайского полиметаллического комбината. Автореферат, 1965.
17. М. В. Евгенова. Оценка некоторых методов функционального исследования дыхания для диагностики силикоза. Клиническая медицина, 10, 1948, 43—48.
18. А. В. Гринберг. О роли рентгенологического исследования в изучении и выявлении новых видов пневмокониоза. Труды юбил. научн. сессии, посвящ. 30-летию деят. Ленингр. ин-та гигиены труда и профзаб., Л., 1957, 193—200.
19. К. П. Щурова. Клиника пневмокониоза у работающих с концентратом аппатита. Труды юбил. научн. сессии, посвящ. 30-летию деят. Ленинград. ин-та гигиены труда и профзаб., Л., 1957, 253—258.



ც. ჟურნიკიძე

„ნინოს ცხოვრების“ მეტაფრასული რედაქციის წყაროს  
საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ილ. აბულაძემ 12.7.1966)

ქართველთა განმანათლებლის ნინოს „ცხოვრების“ რამდენიმე რედაქცია ჩვენამდე მოღწეულია: 1. შატბერდულ-ჭელიშური, 2. პროველისეული, 3. მეტაფრასული, 4. პერიფრაზული.

შატბერდულ-ჭელიშური რედაქცია უძველესია. იგი დაწერილია მე-9 საუკუნეში უცნობი ავტორის მიერ, დაცულია X საუკუნის შატბერდისა (S—1141) და XIV საუკუნის ჭელიშის (H—600) ხელნაწერებში.

პროველისეული რედაქცია შატბერდულ-ჭელიშურის გადაკეთებას (მეტწილად კი გამეორებას) წარმოადგენს. მიეკუთვნება მე-11 საუკუნის ისტორიკოსს ლეონტი პროველს. პროველისეული „ნინოს ცხოვრების“ ტექსტს შეიცავს „ქართლის ცხოვრების“ ყველა ხელნაწერი.

მეტაფრასულ „ნინოს ცხოვრებას“ მე-12 საუკუნის I ნახევრის ძველად თვლიან. მის ავტორად ერთნი ასახელებენ არსენ კათალიკოსს ([1], გვ. 166), სხვები — დავით აღმაშენებლის თანამედროვე არსენ ბერს ([2], გვ. 291), სხვები კიდევ ეჭვის ქვეშ აყენებენ ამ ნაწარმოების ავტორად საერთოდ რომელიმე არსენის მიჩნევას ([3], გვ. 475). მეტაფრასული რედაქციის ტექსტი სამი ხელნაწერთაა ცნობილი: A—707—მე-12 საუკუნისა, Q—762—მე-13—14 საუკუნეებისა და A—518—1708 წლისა.

„ნინოს ცხოვრების“ მეოთხე რედაქციის ავტორიც უცნობია. ეს რედაქცია მიჩნეულია მეტაფრასული რედაქციის პერიფრაზად ([2], გვ. 294).

ყველა რედაქციისათვის პირველწყაროა შატბერდულ-ჭელიშური ნუსხებით წარმოდგენილი რედაქცია; კონკრეტულ შემთხვევებში კი ქრონოლოგიურად მომდევნო რედაქციები წინა რედაქციების გადამუშავება-გადაკეთებას წარმოადგენენ.

„ნინოს ცხოვრების“ მეტაფრასულ რედაქციას ქრონოლოგიურად წინ უსწრებენ შატბერდულ-ჭელიშური და პროველისეული რედაქციები. რომელი დაუდვა ამ ორიდან საფუძვლად თავის თხზულებას მეტაფრასული რედაქციის ავტორმა?

სამეცნიერო ლიტერატურაში მეტაფრასული რედაქციის წყაროების საკითხი გარკვეულად ითვლება, მიკვლეული ჩანს როგორც ძირითადი, ისე ისეთი წყაროებიც, რომლებიც ავტორს, მისივე თქმით, გამოუყენებია „შესავალად თხრობისა ანუ ადგილ-ადგილ შესაკრავად სიტყვსა“ ([2], გვ. 293).

ძირითად წყაროებად, რომლებზედაც არსენს თავისი შრომა უნდა ავგო, ქ. ქეკელიძე მიიჩნევს „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ და მროველისეულ „ნინოს ცხოვრებას“ ერთად. ამის შესახებ იგი წერს: „როდესაც ის თავის შრომას სწერდა, არსენს ხელთა ჰქონია, როგორც თვითონ ამბობს, „მოქცევაჲ ქართლისაჲ“ და „ჰამბავი მეფეთაჲ“, ან ლეონტი მროველის საისტორიო ნაშრომი და ამათში დაცული ცხოვრება ნინოსი გადაუმეტაფრასებია“ ([2], გვ. 293).

ქ. ქეკელიძის თვალსაზრისს იზიარებს ქ. ცხადაძე: „არსენ ბერს პირველი ორი რედაქცია ლიტერატურულად დაუმუშავებია, შეუვსია, შეუსწორებია სხვა წყაროებიდან მოპოვებული მასალებით და მოუცია ახალი რედაქცია „ნინოს ცხოვრებისა“ ([4], გვ. 392).

ს. ყუბანეიშვილი მეტაფრასული „ნინოს ცხოვრების“ წყაროდ მხოლოდ მროველის ტექსტს ასახელებს. „ნინოს ცხოვრების“ პერიფრაზული რედაქციის გამოცემის წინასიტყვაობაში იგი წერს: „XII საუკუნის მწერალს, არსენ ბერს, სხვადასხვა ლიტერატურული წყაროების მოშველიებით ლეონტი მროველის „ნინოს ცხოვრება“ გადაუმეტაფრასებია და მოუცია მისი ახალი, მე-სამე რედაქცია“ ([5], გვ. 216).

„ნინოს ცხოვრების“ მეტაფრასული რედაქციის ენობრივი თავისებურებების შესწავლასთან დაკავშირებით ჩვენ ერთმანეთს შევადარეთ სამივე რედაქციის („მოქცევაჲ ქართლისაჲ“ მროველისეული ნინოს ცხოვრება, მეტაფრასული ტექსტი. შედარების შედეგად გამოძღვანდა საგულისხმო ფაქტი: მეტაფრასულ რედაქციაში ვერ დავინახეთ ვერავითარი კვალი მროველისეული „ნინოს ცხოვრების“ გამოყენებისა.

ის, რაც საერთო აქვს მეტაფრასულ რედაქციას მროველისეულთან, უთუოდ არის „მოქცევაჲ ქართლისაჲს ტექსტშიც, სახელდობრ, მის შატბერდულ ნუსხაში. „მოქცევისაგან“ განსხვავებულ ადგილებში (ასეთები კი ერთშიც და მეორეშიც საკმობდა) მეტაფრასის ტექსტი აბსოლუტურად სხვაობს მროველისეული ტექსტისაგან. ეს ეხება არა მხოლოდ ტექსტის შედგენილობას, მიმღვერობას, მის ეპიზოდებს, ან თუნდაც ფრაზეოლოგიას, არამედ თვით ცალკეულ სიტყვებსაც კი: არც-ერთი ფაქტი, არც-ერთი სულ პატარა დეტალიც კი არ შეინიშნება, რომ „მოქცევისაგან“ განსხვავებით მროველის ტექსტსა და მეტაფრასში ერთნაირად იყოს წარმოდგენილი.

მროველისეულ და მეტაფრასულ ტექსტებს ორიოდ შემთხვევაში აღმოაჩნდათ „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ შატბერდული ტექსტიდან განსხვავებული თითო-ოროლა საერთო ფაქტი:

1. ერთგან „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ შატბერდული ტექსტის მიხედვით ნინოს ამგვარად მიმართავენ: „ხოლო შენ წინაშე ჩემსა იყავ მარადის, ვითარცა ერთი მაწოხებელთაგანი“ ([6], გვ. 132, 1—2). მროველთან ეს ფრაზა ამგვარადაა გადატანილი: „ხოლო შენ წინაშე ჩუენსა იყავ, ვითარცა მაწოხებელი ერთი შვილთა ჩუენთა“ ([7], გვ. 106). მროველის ტექსტში მეტი „შვილთა ჩუენთა“ (უფრო ზუსტად „შვილთა ჩუენთაჲსა“) გვაქვს აგრეთვე მეტაფრასულ რედაქ-

ციაში: „...ვითარცა ერთი მაწოვნებელთაგანი შვილთა ჩუენთადასა“ (გვ. 50)<sup>1</sup>.

2. „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ შატბერდული ნუსხის მიხედვით ნინო გარდაცვალების წინ აზიარა იოვანემ: „და შეწირა ჟამი იოვანე და აზიარა ნინო კორცსა და სისხლსა ქრისტესსა და წარიღო ესე საგზლად სულისა“ ([6], 90). აქ არ ჩანს, ვინ იყო იოვანე, მროველთან კი იოვანე ეპისკოპოსია: „მაშინ იოვანე ეპისკოპოსმან შეწირა ჟამი და აზიარა წმიდა ნინო კორცსა და სისხლსა ქრისტესსა“ ([7], 127, 18) მეტაფრასულ რედაქციაში იოვანე მთავარეპისკოპოსად იხსენიება, რაც მას მროველისეულ ტექსტთან უფრო აახლოებს, ვიდრე „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ შატბერდულ რედაქციასთან: „მთავარეპისკოპოსმან იოვანე აღასრულა საიდუმლოჲჲ ჟამისწირვაჲ“... და სხვ.

3. მცხეთაში მოსვლის შემდეგ ნინოს ერთხელ გამოეცხადა „კაცი ნათლისფერი“ და უთხრა, თუ რა უნდა მიეცა ანასტოსისა და მისი ქმრისათვის, რომ მათ შეიღო შესძენოდათ: „სამოთხესა შევედ, ნაძუთა ქუეშე, ბაბილოთა, ადგილი არს მცირე, საყუარლად შემზადებული, მიწაჲ აღიდე ადგილისა მისგან და შეაჰამე კაცთა მაგათ და ესუას შვილი“ ([6], გვ. 123, 8—13). ამ ადგილს „მოქცევისებურად“ იმეორებს მროველის რედაქცია, მხოლოდ ფრაზას ამგვარად იწყებს: „შევედ სამოთხესა მაგას“ ([7], გვ. 93—94). შესატყვის ადგილას „შევედ სამოთხესა მაგას“ გვაქვს მეტაფრასულ რედაქციაშიც.

ამგვარი მაგალითები კიდევაა. ისინი თითქოს მხარს უნდა უჭერდნენ მეტაფრასული რედაქციისათვის მროველისეულის წყაროდ მიჩნევას, მაგრამ შატბერდულისაგან განსხვავებული მროველისეული და მეტაფრასული რედაქციების ეს ერთნაირი წაკითხვები თითქმის ყველა დადასტურდა „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ კელიშურ რედაქციაში (შდრ), რაც სწორედ იმას ნიშნავს, რომ მროველისეული რედაქცია არ არის არც ამ წაკითხვების წყარო.

მოყვანილი მაგალითებიდან, სხვათა შორის, ისიც ირკვევა, რომ მეტაფრასული რედაქციის ავტორს „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ შატბერდული ნუსხა კი არ ჰქონია ხელთ. არამედ რომელიღაც სხვა, რომელსაც ჩვენამდე არ მოუღწევია<sup>2</sup>.

შატბერდულ კრებულში „მოქცევაჲ ქართლისაჲს ტექსტი 463-ე გვერდზე (თავში, რომლის სათაურიცაა: „მოწვევნაჲ წმიდისა ნინოჲსი მცხეთად, აღწერილ მისივე, სალომე უყარმელისაჲ“) არ არის ბუნებრივი გაგრძელება 462-ე გვერდის ტექსტისა. სამეცნიერო ლიტერატურაში გამოთქმულია ვარაუდი, რომ „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ ტექსტს ამ ადგილას უნდა აკლდეს ([8], გვ. 755; [9], 99; [6], გვ. 121).

ასეა, რომ შატბერდულ კრებულში „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ ტექსტი რომელიღაც ნაკლები ნუსხიდან მოდის<sup>3</sup>. აღნიშნული ნაკლები ნუსხა ჩანს ჰე-

<sup>1</sup> მეტაფრასული რედაქციიდან ადგილები დამოწმებული გვაქვს A—707, Q—762 და A—518 ხელნაწერების მიხედვით ჩვენს მიერ გამოსაცემად მომზადებული ტექსტიდან.

<sup>2</sup> მეტაფრასტი არ იყენებს კელიშურ ნუსხას, რადგან ის თავისებურებები, რომლებიც ამ უკანასკნელს აქვს შატბერდულისაგან განსხვავებით, არცერთი არ ჩანს მეტაფრასულ რედაქციაში.

<sup>3</sup> ეჭვითვე თაყაიშვილის აზრით, თვითონ შატბერდულ კრებულს აკლია ამ ადგილას ერთი ფურცელი. სინამდვილეში ხელნაწერის შემადგენელი რეგულუმის შემოწმების დროს აღმოჩნდა, რომ შატბერდის კრებული ამ ადგილას ნაკლები არაა.

ლიშური რედაქციის დედანიც, რადგან ამ ადგალას ქელიშური ნუსხაც ასევე ნაკლულია. ლეონტი მროველთან კი შესატყვის ადგილას კარგა მოზრდილი ტექსტია ჩართული ([7], გვ. 91—92), როგორც ჩანს, ლეონტის „ეს შეუმჩნეველი არ დარჩენია და სხვა წყაროს საშუალებით დანაკლისი თითქოს კიდევაც შეუსვია“ ([9], გვ. 99).

მეტაფრასული რედაქციის ავტორს მროველისეული რედაქცია რომ გამოეყენებინა, მისი კვალი, სხვაგან თუ არა, ამ ადგილას მაინც გამოჩნდებოდა. მეტაფრასული რედაქცია «მოქცევაჲ ქართლისაჲს» ამ გაბუნდოვნებულ ადგილს ამოკლებს და ორიოდე წინადადებით გადმოსცემს.

მროველისეულ და მეტაფრასულ რედაქციებში, „მოქცევაჲ ქართლისაჲსაჲს“ გასხვავებით, ერთნაირად ვრცლადაა წარმოდგენილი ნანა დედოფლის გაქრისტიანების ამბავი. „მოქცევის“ როგორც შატბერდულ, ისე ქელიშურ რედაქციაში ეს ფაქტი სულ ორიოდე წინადადებითაა გადმოცემული:

შატბერდული:

„დედოფლისა ნანაჲს ზედა აჩუენა ღმერთმან პირველად ძალი მისი მის მიერ, მაყულოვანსა მას შინა განკურნა ლოცვითა მისითა სენისა მისგან მძიმისა რომლისა ჳელოვნებამან კაცთამან ვერ შეუძლო განკურნებაჲ მისი“ ([6], 131, 9—15)

ქელიშური:

„...დედოფალსა ზედა ნანას და აჩუენა ღმერთმან ძალი მისი მის მიერ, მაყულოვანსა მას შინა ლოცვითა მისითა, განკურნა სენისა მისგან მძიმისა, რომელი ჳელოვნებამან კაცთამან ვერ შეუძლო განკურნებაჲ მისსა“.

„მართალია, მროველიცა და მეტაფრასტიც ამ ეპიზოდს ერთნაირად ვრცლად მოგვითხრობენ, მაგრამ ამბის არც ერთი მონაკვეთით, არც ერთი ფრაზითა და სიტყვით ისინი ერთმანეთს არ ხედებიან:

მროველი:

„მაშინ დედოფალი ნანა შეეარდა სენსა დიდსა და მწარესა, რომლისა კურნება ვერაიენ შეუძლო, რამეთუ ყოველთა ჳელოვანთა მკურნალთა წარმოაცალიერნეს წაშალნი მათნი და ვერ შეუძლეს კურნება მისი, უღონო იქმნეს და სასოწარკვეთილ. ხოლო აუწყეს ვიეთმე დედოფალსა, ვითარმედ:

„დედაკაცისა მის პრომისა ტყვსა მიერ, რომელსა ჰქვან ნინო, ლოცვითა მისითა მრავალნი სნეულნი განიკურნებინა“. მაშინ უბრძანა მსახურთა თვსთა, რათა მოიყვანონ ნინო.

მივიდეს მსახურნი დედოფლისანი და პოვეს წმიდა ნინო ქოჩსა მას ჳუეშე მაყულისასა, ილოცვიდა ეამსა მექუესესა, და მიუთხრეს ბრძანებდა დედოფლისა. ხოლო წმიდამან ნინო რჳუა: „არა ბრძანებულ არს ჩემდა, რათა განვიდე, სადა შეება ჩუენი არა არს, არამედ დედოფალი მოვედინ საყოფელსა ამას ჩემსა, და ჳეშმარიტად განიკურნოს ძალითა ჳრისტესითა“. ხოლო მსახურთა მათ მიუთხრეს დედოფალსა თჳმული

მეტაფრასი:

მიერთგან მრავალთა მიერ განსაკურებელი იქმნა ღირსი იგი ვიდრედა არცალათუ მეუღლისაგან მეფისა საქმე ესე დადარულ იქმნა, და ვინაიითგან იგიცა ესევითარითავე ბოროტითა სენითა შეპურობილ იყო, მეყსეულად მიავლინა მისა ეედრებით, რამათა მივიდეს მისა.

ხოლო ღირსმან მან ფრიაღისა მის მდაბლისა გონებისა მისისაგან სამეუფოჲ იგი ვედრებაჲ არა მიითულა. ხოლო სენთა მიერ ფიცხელთა იძულებულმან ცოლმან მეფისამან განაგლო ჳუაობითი იგი მეფობისა პატივი და თავით თვსით უცხოჲსა მის და მდაბლისა მიისწრაფა და ითხოვდა კურნებასა.

ხოლო ღირსმან მან ნეტარებისამან იგიცა თვსსა ნას უნდოსა ცხედარსა მიაწეინა და წამლად განსაკურნებელად ენებისა მისისა იქუმილოცვაჲ. და ღმერთმან, რომელი შეისმენს ვედრებასა მოშიშთა მისთასა, მიანიჭა მსწრაფლთხოვად მისი და ყოვლითურთ განკურნებულ წარავლინა სახილ თვსა.

ეტი ნინოსი. მაშინ დედოფალი გულსმოდგინედ ეტყობდა მათ: „შემიმზადეთ მე ცხედარი და მიმეყვანეთ მისსა“. მაშინ წარიყვანეს ცხედრითა მსახურთა მათ, და ძე მისი რეე, და სიმრავლე ერისა მის თანა.

„ვითარ მივიდეს საყოფელსა მას წმიდისა ნინოსისა, და დადევს დედოფალი კლიქსა მისსა ზედა, იწყო წმიდამან ნინო ლოცვად და ვედრებად ღმრთისა მიმართ მყოვარ ეამ, და მოილო ჭუარი იგი, რომელი აქუნდა, შეახო თავსა, ფერთა და მკართა ჭუარის სახედ, და მესყუელად განიკურნა, და აღდგა განცოცხლებული. და პრწმენა ქრისტეს, და თქუა: არა არს სხუა ღმერთი, თჳნიერ ქრისტესა, რომელსა ქადაგებს ტყუე ესე დედაკაცი“. და მიერთგან შეიქმნა იგი მეგობრად თჳსად შინაურად, და მარადის ჰკითხავნ და გამოიწულიავენ სჯულსა ქრისტესა, და ასწავებნ წმიდა ნინო და აბითარ, ახალი პაულე, და ასული მისი სიდონია. და იქმნა დედოფალი მორწმუნე და იცნა ღმერთი ჰემმარტიო.

„და ჰკითხვიდა დედოფალსა მეფე, ვითარ-იგი მესყუელად განიკურნა. და უთხრობდა დედოფალი ყოველსა მას, რომელი იქმნა მის ზედა, ვითარ-იგი თჳნიერ წამლისა, ლოცვითა და შეხებითა ჭუარისათა განიკურნა. და სიმრავლე იგი ერთა, რომელთა ეხილვა, დაამტკიცებდეს სიტყუასა მას დედოფლისასა“.

[7]. 104,7—105,11).

მოყვანილი ტექსტების შედარებიდან ჩახს არა მარტო ის, რომ პროველის ტექსტი არ უნდა იყოს წყარო მეტაფრასულისათვის, არამედ ისიც, რომ მათ საერთოდ ერთი წყაროთიც არ უსარგებლიათ. ჩვენ არ ვიცით, რა გამოიყენა წყაროდ თავისი შრომის ამ ნაწილისათვის პროველმა, მეტაფრასის წყაროდ კი, როგორც უკვე გამოჩვენებულია, ჩანს ეფრემ მცირის შრომა „უწყებამ მიზეზსა ქართველთა მოქცევისასა, თუ რომელთა წიგნთა შინა მოიქსენების“, სადაც ნანა დედოფლის გაქრისტიანების ამბავი თეოდორიტეს „საეკლესიო ისტორიიდანაა“ შეტანილი ([10], გვ. 015—016).

მეტაფრასული რედაქციის ავტორს პროველისეული „ნინოს ცხოვრება“ რომ ჰქონოდა ხელთ, როგორც თავისი შრომის წყარო, ნანა დედოფლის მოქცევის ამბავს, ცხადია, სხვა წყაროში აღარ დაუწყებდა ძებნას.

პროველისეული და მეტაფრასული ნინოს „ცხოვრებების“ ურთიერთმიმართების საკითხი საგანგებოდ არავის უკვლევია. ჩვენი აზრით, პირველს მეო-

ბოლო დედოფალმან სასყიდლად კურნებისა შოართუა მას, რომელი-იგი მას ღირსად პატრიისა შეერაცხა: ოქროს და ვეცხლი, საბოთელი და სამკაული და სხვა, რაოდენი შეეტყუების ძლუნესა და მისაცემელსა სამეფოსა. ხოლო ღირსმან მან ამითი მიღებამ ყოვლად არა თავსიდგა, არამედ ჰრქუა, ვითარმედ ჩემდა დიდად მისათუალველ არს, უკუეთუ იცნათ ღმრთისმსახურებამ. და შემოიხუნა შორის საღმრთონი სწავლანი, ვითარნი ჯერ-იყვნეს, და მიუთხრნა ცხოვრებად ჩუენად მოსარულისა ღმრთისა და მაცხოვრისა ქრისტეს განკაცებისა ყოველი განგებულებამ, კუალად ჭუარცუმა და აღდგომამ და ზეცად ამალეებამ. და დაუმტკიცებდა, ვითარმედ, ჰემმარტიად იგი არს ღმერთი, შემოქმედი ცათა და ქუეყანისა და ზღუათა, და ყოველი რამ არს მათ შინა. და კუალად მომავალ არს დიდებით განსჯად ცხოველთა და მკუდართა და ევედრებოდა, რაათა პრწმენეს იგი ყოვლითა გულთა და რაათა აღაშენონ ეკლესია სახელსა ზედა უფლისა ღმრთისა და მაცხოვრისა ჩუენისა იესუ ქრისტესსა.

ესმა რამ ესე ყოველი დედოფალსა, ლმობიერქმნილი და განკურვებული სასწაულსა მას დიდებულსა და ტკბილთა სწავლათა მიერ ნეტარისა ნინოსსთა განათლებული, სახიდ თჳსად მიიქცა.

და აუწყა მეუღლესა თჳსსა მოსწრაფებამ იგი კურნებისა და ძალი ღმრთისა მის, რომელსა ქადაგებს უხოა იგი, და ყოველი რომელი ესმინა მისგან. და ევედრებოდა, რაათა იგი მხოლოე უწყოდის ღმრთად ჰემმარტიად. ხოლო მეფემან მიზიან აქო მეუღლესა თჳსსა ზედაქმნილი იგი საყრველებამ, დაუჯრდა ფრიად, ხოლო ტაძრისა შენებამ არა ინება“.

რის წყაროდ იმის გამო ასახელებენ, რომ მეტაფრასში მოხსენიებულია „ქართლის ცხოვრების“ წიგნი „ჰამბავი მეფეთაჲ“.

ერთგან, სპარსელთა მიერ „ქართველთა ზედა“ დიდი ჭირის მოწვევაზე რომ ლაპარაკობს, ავტორი ამბობს: „ამას ყოველსა ქართლის ცხოვრებისა წიგნი ვრცელად მოგვთხრობსო“ შემდეგ ანდერძში, როდესაც გვიამბობს იმის შესახებ, თუ რატომ შეუდგა ნინოს ცხოვრების ახალი რედაქციის შექმნაზე მუშაობას, იგი წერს: „ესე ნეტარისა ნინოს ცხოვრებაჲ შეუწყობელად და გახზნულად ქართლისა მოქცევისა თანა და ჰანბავსა მეფეთასა თანა აღრეულად სწერია, ვითარცა თქუენ უწყით, რომელიმე თუთ მის წმიდისაგან მოთხრობილად, რომელიმე მეფისა მირიანისგან, იაკობ მღვდელისაგან, სხუაჲ აბიათარისგან, სხუაჲ კჳალად სიდონიასგან, გარნა წინ უკჳანა და უკჳანა წარ, იგივე და ერთი პირი. და ამისთვის საეკლესიოდ მკითხველთათჳს ფრიად საწყინო იყო და მსმენელთათჳს უჭმარ და და ვერ საცნაურ...“ და სხვ.

„ჰანბავი მეფეთაჲ“ იგივე „ქართლის ცხოვრებაჲ“ უფრო ზუსტად მისი ის ნაწილი, რომელიც ლეონტი მროველის მიერაა დაწერილი. მეტაფრასული რედაქციის ავტორი იცნობს „ქართლის ცხოვრებას“, მაგრამ ერთია წიგნის ცოდნა და მოხსენიება და მეორე — მისი წყაროდ გამოყენება.

მეტაფრასის ავტორი მროველისეულ „ნინოს ცხოვრებას“ წყაროდ რომ არ გამოიყენებდა, ჩვენი აზრით, ეს თვითონ ანდერძიდანაც ჩანს. „მოქცევისა“ და მროველისეულ „ნინოს ცხოვრების“ ტექსტებს იგი ამ ანდერძში ერთნაირად ახასიათებს, ე. ი. იცის, რომ მროველისეული ტექსტი „მოქცევიდან“ მოდის, და ძირითადად მისი გამეორებაა. მეტაფრასტი ამავე დროს ახასიათებს ამ ნაწარმოებებს, როგორც „შეუწყობელად“, „განზნულად“ და „აღრეულად“ ნაწერთ, სადაც სხვადასხვა ავტორები წინა ამბებს მომდევნოდ მოგვითხრობენ, მომდევნოებს კი წინ. ამიტომ, ბუნებრივი გვეგონია, რომ ორი ასეთი წიგნიდან მას უნდა გამოეყენებინა ერთი და, რა თქმა უნდა, პირველი წყარო.

ამგვარად, მეტაფრასული ნინოს ცხოვრება“ თავის ძირითად წყაროდ იყენებს „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ ტექსტს და წარმოადგენს მხოლოდ ამ უკანასკნელის გადამუშავება-გადამეტაფრასებას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

კ. კეკელიძის სახელობის ხელნაწერთა ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 12.7.1966)

ФИЛОЛОГИЯ

Ц. И. КУРЦИКИДЗЕ

## ОБ-ИСТОЧНИКЕ МЕТАФРАСТИЧЕСКОЙ РЕДАКЦИИ «ЖИТИЯ СВ. НИНЫ»

Резюме

Основными источниками метафрастической редакции «Жития св. Нины» в научной литературе принято считать шатбердско-челишскую и мровелевскую редакции «Жития св. Нины».

Сличение и сравнительный анализ названных редакций не подтверждают это мнение. Источником метафрастического текста следует признать только лишь шатбердско-челишскую редакцию.

დაბოლოებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ივ. ჯავახიშვილი. ისტორიის მიზანი, წყაროები და მეთოდები წინათ და ახლ. წიგნი I, ძველი ქართული საისტორიო მწერლობა, თბილისი, 1945.
2. კ. კეკელიძე. ძველი ქართული მწერლობის ისტორია, I, თბილისი, 1951.
3. ს. ჯანაშია. ფსევდოარსენი. სსრ კავშირის მეცნ. აკადემიის საქართველოს ფილიალის შობამბე, ტ. I, № 6, 1940.
4. ქ. ცხადაძე. უცნობი ავტორის „ნინოს ცხოვრება“. საიუბილეო კრებული კ. კეკელიძის დაბადების 80 წლისთავზე. თბილისი, 1959.
5. ძველი ქართული ლიტერატურის ქრესტომათია, I, შედგენილი სოლ. ყუბანეიშვილის მიერ. თბილისი, 1946.
6. ძველი ქართული აგიოგრაფიული ლიტერატურის ძეგლები, წიგნი I, ილ. აბულაძის რედაქციით. თბილისი, 1963.
7. ქართლის ცხოვრება. ტექსტი დადგენილი ყველა ძირითადი ხელნაწერის მიხედვით. ს. ყაუხჩიშვილის მიერ, ტომი I, თბილისი, 1955.
8. Е. Такайшвили. Описание рукописей „Общества распространения грамотности среди грузинского населения“, т. II. Тифлис, 1906—1912.
9. სოლ. ყუბანეიშვილი. „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ ჰელიოური რედაქცია.
10. ეფრემ მცირე. უწყებაჲ მიზეზსა ქართველთა მოქცევისასა, თუ რომელთა წიგნთა შინა მოიხსენების. ტექსტი გამოსცა, შესავალი და ლექსიკონ-საძიებლები დაურთო თ. ბრეგაძემ. თბილისი, 1959.



ბიოლოგია

მ. შილაკაძე

ქართული ხალხური სიმებიანი ინსტრუმენტების ძირითადი  
თავისებურებანი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ჩიტაიამ 19.7.1966)

ქართული ხალხური სიმებიანი ინსტრუმენტები ორ ჯგუფად იყოფა: ხე-  
მიანი და ჩამოკვრით ინსტრუმენტებად. ჩვენ შევეჩებით ჩამოკვრით ინს-  
ტრუმენტებს (ჩანგს, ფანდურს და ჩონგურს). მათი სახით წარმოდგენილია რო-  
გორც შედარებით მარტივი, ისე განვითარებული ფორმები. ამასთანავე, საქარ-  
თველოს სხვადასხვა კუთხეში ერთი და იგივე ინსტრუმენტის განვითარების სხვა-  
დასხვა დონე, საშუალებას გვაძლევს გამოვყოთ ქართული სიმებიანი ინსტრუ-  
მენტის განვითარების ძირითადი ეტაპები.

ჩანგს აქვს სხვადასხვა სიგრძისა და სისქის ექვსი (იშვიათად შვიდი) ძუის  
სიმი, თითოეული სიმი გამოსცემს გარკვეული სიმაღლის ერთ ბგერას. აქ უნდა  
შევნიშნოთ, რომ ჩანგის წყობა (ღია სიმების მიერ გამოცემულ ბგერათა ინტერ-  
ვალური შეფარდება) ბგერათ რიგს ემთხვევა, რადგანაც ამ ინსტრუმენტზე მხო-  
ლოდ ღია სიმების აღწერება ხდება. ჩანგის ბგერათრივის უმაღლეს ბგერას გა-  
შოსცემს ჩანგის უმოკლესი და უწვრილესი სიმი, უდაბლეს ბგერას — უგრძესი  
და უმსხვილესი სიმი (სიმის სისქე დამოკიდებულია ძუათა რაოდენობაზე). აქ  
ჩანს ემპირიული ცოდნა აკუსტიკის პრინციპებისა: ა) სიმის სიგრძე მის მიერ გა-  
მოცემული ბგერის სიმაღლის უკუპროპორციულია (რაც მოკლეა სიმი, მით უფ-  
რო მაღალია ბგერა და პირიქით); ბ) სიმის სისქე მის მიერ გამოცემული ბგერის  
სიმაღლის პირდაპირ პროპორციულია (რაც წვრილია სიმი, მით უფრო მაღალია  
ბგერა და პირიქით).

ჩანგს ამზადებენ წიწვოვანი მცენარეების (ფიჭვი, ნაძვი) მერქნისაგან, უპი-  
რატესობას ანიჭებენ ნაძვს. ცნობილია, რომ მუსიკალური ინსტრუმენტის და-  
სამზადებლად საუკეთესო მასალას წარმოადგენს ნაძვი. ეს საუკეთესო მასალა  
მიგნებული ჩანგის დასამზადებლად. ეს ფაქტი მეტად საყურადღებოა, იგი მი-  
უთითებს დიდ გამოცდილებაზე და მრავალსაუკუნოვანი მუსიკალური ტრადი-  
ციების არსებობაზე.

სხვადასხვა სიმაღლის ბგერის მიღება სხვადასხვა სიგრძის სიმების საშუა-  
ლებით მუსიკალური აზროვნების განვითარების ადრინდელ სტადიას შეესაბა-  
მება. ამ ინსტრუმენტის სიძველეზე მისი სიმების მასალაც მეტყველებს.

ყელიან-მუცილიან ჩამოკვრით ინსტრუმენტებზე (ფანდურზე და ჩონგურზე)  
სხვადასხვა სიმაღლის ბგერები მიიღება სიმზე თითის დაჭერით, ე. ი. სიმის და-  
შოკლება-დაგრძელებით.





ფანდური სამსიმიანი ინსტრუმენტი. იგი გავრცელებულია აღმოსავლეთ საქართველოს როგორც მთის, ისე ბარის კუთხეებში. საქართველოს ყველა კუთხის ფანდური პრინციპულად მსგავსი, მაგრამ განსხვავებული ფორმისაა, ამ მხრივ შეიძლება გამოვყოთ ორი ჯგუფი: 1) მთის კუთხეების (ხევსურული) და 2) ბარის კუთხეების (ქართლი, კახეთი) ფანდურები. ხევსურული ფანდურის სახით შემოინახა ფანდურის განვითარების ადრინდელი ეტაპი.

ხევსურულ და ბარულ ფანდურთა პრინციპული მსგავსება გამოიხატება: 1) წყობის ერთგვარობაში (სეკუნდურ-ტერციული წყობა), 2) კონსტრუქციის ერთგვარობაში და 3) ფარდების (საქცევების) არსებობაში, ხევსურული და ბარული ფანდურები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მუსიკალური შესაძლებლობებით, რის გარეგნულ გამოხატულებასაც წარმოადგენს:

1. ფარდების (საქცევების) რაოდენობა; ხევსურულ ფანდურს აქვს ორი საქცევი, საერთო დაპაზონი არ აღემატება სექტას, მასზე აიღება ტონიკური (1 საფეხურის) და დომინანტური (VII საფეხურის) სამხმოვანებები; ქართლ-კახურ ფანდურს აქვს 6 ან 7 საქცევი, საერთო დაპაზონი შეადგენს ოქტავას, მასზე აიღება 1 და VII საფეხურების გარდა სხვა აკორდებიც. ამგვარად, ქართლ-კახური ფანდურის პარამონიული შესაძლებლობანი მეტია. ამას ხაზი უნდა გაესვას იმდენად, რამდენადაც ფანდურის, როგორც საერთოდ ქართული ხალხური მუსიკალური ინსტრუმენტების, ძირითად ფუნქციას სიმღერის თანხლება, აკომპანირება წარმოადგენს, ხოლო თანხლებაში ძირითადად პარამონიული ფუნქციების ხაზგასმა იგულისხმება;

2. ინსტრუმენტის კორპუსის ფორმა; ხევსურული ფანდური ნიჩბისებურია, ქართლ-კახური — მსხლისებური. ხევსურულ ფანდურს აქვს სქელი (4—6 მმ სისქის) გულის ფიციარი (ზედა დეკა), ქართლ-კახურს — თხელი (3 მმ სისქის). ხევსურული ფანდურის კორპუსის სიღრმე (სარეზონანსო მოცულობა) ბარული ფანდურის კორპუსის სიღრმეზე ნაკლებია. ბარული ფანდური უფრო დახვეწილად და ნაზადაა ნაკეთები, ვიდრე ხევსურული, რაც, საბოლოოდ გავლენას ახდენს ინსტრუმენტის ბგერის (ელერადობის) ხარისხზე. ხევსურული ფანდურის ბგერა არის დაბალი, სუსტი, ნაკლებად გამოკვეთილი, ქართლ-კახურისა — უფრო ძლიერი და მკაფიო;

3. დაკვრის ტექნიკა; ხევსურულ ფანდურზე ბგერათწარმოების ერთადერთ ხერხს წარმოადგენს თითების (4 თითის უცეროდ) ჩამოკვრა; ქართლ-კახურ ფანდურზე კი ეს ხერხი ძირითადია და მის გარდა სხვა ხერხებიც არსებობს (ჩამოკვრა ზემოდან ქვემოთ ორი თითით, ხუთივე თითით, მარტო ცერით და ამოკვრა ქვემოდან ზემოთ).

ხევსურულ და ქართლ-კახურ ფანდურებს შორის ამ განსხვავებათა საფუძველზე ვასკვნიტ, რომ ხევსურული ფანდური თავისი მუსიკალური შესაძლებლობებით შეესაბამება სიმებიანი ინსტრუმენტის განვითარების უფრო ადრინდელ სტადიას, ქართლ-კახური კი — უფრო განვითარებულს, მაღალს სტადიას. ხევსურულ ფანდურში ასახულია მუსიკალური აზროვნების განვითარების ის ეტაპი, როდესაც ცნობილი იყო ტონიკურ-დომინანტური ფუნქციონალური თა-

ნაფარდობა, რაც, თავის მხრივ, მუსიკალური კულტურის საკმაოდ მაღალი დონის მაჩვენებელია.

როგორც აღვნიშნეთ, ფანდური სამსიმიანი ინსტრუმენტია. საქართველოს ყველა კუთხეში ფანდურს აქვს ერთაღერთი წყობა — სეკუნდურ-ტერციული ( $c_1-a-g$ ).

სამსიმიან ფანდურებს წინ უსწრებდა ორსიმიანი. ასეთი ორსიმიანი ფანდურის არსებობაზე მიუთითებს აკად. ივ. ჯავახიშვილი ([5], 156) ორსიმიანი ფანდური ხევსურეთში დადასტურებული აქვს პროფ. შ. ასლანიშვილს ([2], 12).

ისმება კითხვა — როგორი იყო ორსიმიანი ფანდურის წყობა, ან რომელი სიმი წარმოადგენს სამსიმიან ფანდურზე უკანასკნელად შექმნილ სიმს?

ორსიმიანი ფანდურის წყობის დასადგენად მივმართთ ორსიმიან ხევსურულ ფანდურზე შესრულებულ ჰანგს („ხევსურული საცეკვაო“), რომელიც პროფ. შ. ასლანიშვილმა ჩაიწერა ([2], 72). ამ ჰანგის ფორმია მრავალჯერ განმეორებული ფრაზა-წინადადება:



მოცემული ჰანგის ქვედა ხმა სრულდება ფანდურის II სიმზე, ზედა ხმა — I სიმზე. ქვედა ხმის დიაპაზონია es-f; ე. ი. ღია სიმი (II) იძლევა ბგერა es-ს, I კი მიიღება II სიმზე მარცხენა ხელის (ცერის) დაჭერით. ზედა ხმის დიაპაზონია as-b; ე. ი. ღია სიმი (I) იძლევა as-ს, b კი მიიღება I სიმზე მარცხენა ხელის საჩვეხებელი თითის დაჭერით. მაშასადამე, ღია II სიმის ძიერ გამოცემული ბგერა ყოფილა es, ღია I სიმის მიერ გამოცემული ბგერა — as. ე. ი. ინსტრუმენტის წყობა, რომელზედაც ზემოთ მოყვანილი ჰანგი სრულდებოდა, ყოფილა წმინდა კვარტა (es-as).

ასეთი წყობა უნდა ჰქონოდა სამსიმიან ფანდურამდე არსებულ ორსიმიან ფანდურს. საფუძველს ამის სამტყიცებლად გვაძლევს:

1) ზემომოყვანილი ჰანგის ანალიზის საშუალებით დადგენილი ორსიმიანი ფანდურის კვარტული წყობა; ხევსურული და ბარული ფანდურების წყობის ერთგვარობა საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ორსიმიან ხევსურულ ფანდურს ისეთივე წყობა ჰქონდა, როგორიც ბარში არსებულ ორსიმიან ფანდურს, რომელიც სამსიმიანს უსწრებდა წინ;

2) ახლოგოიური წყობის არსებობა კავკასიის სხვა ხალხების ორსიმიან მუსიკალურ ინსტრუმენტებზე (შდრ. აფხაზურ აფხარცა ([9], 337) და სხვ. ([7], 107, 108);

3) სამსიმიანი ფანდურის თანამედროვე სეკუნდურ-ტერციული წყობა შეიძლებოდა წარმოშობილიყო კვარტის დიაპაზონში [8].

ამგვარად, თუ თანამედროვე სეკუნდურ-ტერციული წყობა შეიძლებოდა წარმოშობილიყო კვარტის დიაპაზონში, ხოლო კვარტულ ინტერვალურ შეფარდებაში თანამედროვე სამსიმიანი ფანდურის განაპირა ღია სიმების მიერ გამო-

ცემული ბგერები იმყოფებიან, უკანასკნელად დართულ სიმაღ ფანდურის მეორე, ე. ი. შუა სიმი გამოიყურება. ამ სიმის მიერ გამოცემული ბგერის საშუალებით იქმნება სეკუნდურ-ტერციული თანაფარდობა.

აკად. ივ. ჯავახიშვილის აზრით, საკრავიერ მუსიკაში პირველად ბანი, ბოხი ხმის გამომღები ძალი უნდა გაჩენილიყო. შემდეგ „უკვე წინათ მხოლოდ მღერით წარმოთქმული ჰანგის დასაფარავად განკუთვნილი ძალი... რომელი ძალი იყო ბანის შემდგომ ეს გაჩენილი ძალი მსხირპანე თუ ყირი (პირველი თუ მეორე. მ. შ.), ამის გამორკვევა გადავიღებულნი ვგვეჩნებოდა, ორძალიანი ფანდურები რომ თავის დროზე ამ თვალასზრისით ვისმე შეესწავლა...“ ([5], 336).

ჩვენ ვფიქრობთ, რომ „ბანის შემდგომ გაჩენილი ძალი“ უნდა ყოფილიყო უწყრილესი ხმის გამომცემი, ე. ი. პირველი სიმი, ხოლო შუა სიმი ყველაზე გვიანდელ დანართს წარმოადგენს.

თავისი მუსიკალური შესაძლებლობებით ქართული ყელიან-მუცლიანი სიმებიანი ინსტრუმენტის ყველაზე განვითარებულ ფორმას წარმოადგენს ჩონგური, ოთხსიმიანი ინსტრუმენტი (გვხვდება სამსიმიანიც ([6], 7, 83); IV, მოკლე სიმი ზილი დაერთო არა უგვიანეს XVI საუკუნისა ([5], 320—321); აქედან დიფყო ამ ინსტრუმენტის განვითარების ახალი ეტაპი). ამის გარეგნულ გამოხატულებას წარმოადგენს:

1) კორპუსის ფორმა; ჩონგურს აქვს დიდი კორპუსი, ე. ი. დიდი სარეზონანსო მოცულობა; კორპუსის კედლის სისქე და ზედა დეკის სისქე 1,5—2 მმ-ია. სიმებად აბრეშუმის ძაფი გამოიყენება. ეს განაპირობებს ჩონგურის ბგერის (ყლერადობის) ხარისხს; ჩონგურს აქვს მკაფიო, ნათელი, ნაზი ტემბრი;

2) დაკვრის ტექნიკა; ყველაზე განვითარებულ ფანდურზე ბერათწარმოების ხერხია სიმების ჩამოკვრა და ამოკვრა; ჩონგურზე კი ამათ გარდა გვაქვს ერთი სიმის მოზიდვა, ორი ან სამი სიმის მოზიდვა. ჩონგურზე მიიღწევა სტაკატოსა და პიციკატოს ეფექტები;

3) ჩონგურის პარმონიული შესაძლებლობანი ფანდურთან შედარებით დიდია, რასაც ხელს უწყობს, ერთი მხრივ, სიმების მეტი რაოდენობა ჩონგურზე და, მეორე მხრივ, ჩონგურის წყობათა სიმრავლე. ეს უკანასკნელი პარმონიული შესაძლებლობების გადიდებისაკენ მისწრაფებამ განაპირობა. ერთი წყობის შიგნითაც ჩონგურს ოქტავის დიაპაზონი აქვს და მასზე აიღება ორხმიანი, სამხმიანი და ოთხხმიანი აკორდები.

ქართული ხალხური სიმებიანი ინსტრუმენტების სიმებისა და სიმღერის ხმების სახელწოდებანი ერთი და იგივეა, მაგრამ, სხვადასხვა შინაარსის გამომხატველი. სიმღერის ხმის სახელწოდებაში მისი ფუხქცია იგულისხმება, ხოლო სიმის სახელწოდებაში არა.

ფანდურის სიმების სახელწოდებანი არ შემონახულა. სიმღერის ხმების სახელწოდებები აქვს ჩონგურის და სვანური ჭუნირის სიმებს. ჩონგურის I სიმს მოქმელი ან დამწყები ეწოდება, II-ს—მოძახილი, III-ს—ბანი, IV-ს—ზილი ([5], 173—174; [4] 35). ჭუნირის I სიმს ეწოდება კივან (მაღალი ხმა), II-ს—მაჟოლ (დამწყები) და III-ს ბან (ბანი).

აკად. ივ. ჯავახიშვილის აზრით, ჩონგურის სიმების სახელები ხმების სახე-  
ლებია, „რადგან არც ერთი ალყისათვის მიქმელი და მოძახილი სახელებად შე-  
საფერისი არ არის, ვალობა-სიმღერაში კი სრულებით ბუნებრივიც არის და პირ-  
ველი ორი ხმის დანიშნულების მარჯვე გამოხატველი.“ ([5], 311).

რა შესაბამისობაში არიან ინსტრუმენტის სიმებისა და სიმღერის ხმების სა-  
ხელწოდებანი?

სიმების სახელები მათ რეგისტრულ მდებარეობას აღნიშნავენ. სიმის სა-  
ხელწოდება მიუთითებს, რომ ეს სიმი რეგისტრულად იქ მდებარეობს, სადაც  
ამავე სახელწოდების სიმღერის ხმა. ჩონგურის III სიმის ან ჭუნირის III სიმის  
სახელწოდებაა „ბანი“. ეს სიმი იმ ფუნქციას კი არ გამოხატავს, რასაც ხმა „ბა-  
ნი“ ასრულებს სიმღერაში, არამედ მიუთითებს იმაზე, რომ მოცემული სიმი რე-  
გისტრულად მდებარეობს იქ, სადაც სიმღერაში ხმა „ბანი“, ე. ი. ყველაზე  
დაბლა.

ქართული ტრადიციული ინსტრუმენტული ანსამბლი ორი  
ინსტრუმენტისაგან შედგება. ერთ-ერთი მათგანია სიმებიანი ან ჩასაბერი და  
მეორე — დასარტყმელი ინსტრუმენტი. ასეთი ანსამბლი განსაკუთრებით ხში-  
რია საცეკვაო პანგების შესრულებისას, სადაც დასარტყმელი ინსტრუმენტი რი-  
ტმული სურათის ხაზგასმისათვისაა გამოყენებული.

ინსტრუმენტულ ანსამბლზე შეიძლება გაერთიანდეს აგრეთვე ორი სიმები-  
ანი ინსტრუმენტი, მაგ., ჩანგი და ჭუნირი. მაგრამ ორი ან მეტი ერთი და იგი-  
ვე სიმებიანი ინსტრუმენტის (ორი ან მეტი ჩონგურის, ორი ან მეტი ფანდურის  
და ა. შ.) გაერთიანება ქართული ანსამბლისათვის არაა დამახასიათებელი. ასეთი  
ანსამბლი საქართველოს არც ერთი კუთხის ეთნოგრაფიულ სინამდვილეში არ  
დასტურდება.

ქართული ხალხური მუსიკალური ინსტრუმენტები თავიანთი განვითარების  
დონით, მუსიკალურ-გამომსახველობით შესაძლებლობებით ვერ დგანან იმ სი-  
მაღლეზე, რომელსაც ქართულმა საგუნდო სიმღერამ მიაღწია. მაგრამ მუსიკა-  
ლური აზროვნების მაღალი დონე ქართულ ინსტრუმენტებშიც აისახა. აქ მხე-  
დველობაში გვაქვს აკუსტიკის კანონების ემპირიული ცოდნა, გამოცდილება  
ინსტრუმენტისათვის ხის მასალის შერჩევაში, რაც მრავალსაუკუნოვანი ტრადი-  
ციების არსებობაზე მიუთითებს და მაღალი მუსიკალური კულტურის გამოხა-  
ტველია.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
აკად. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის ისტორიის,  
არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 19.7.1966)

М. И. ШИЛАКАДЗЕ

## ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГРУЗИНСКИХ НАРОДНЫХ СТРУННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Резюме

Основной особенностью щипкового инструмента чанги является извлечение разных по высоте звуков струнами разной длины и толщины. В этом факте видно эмпирическое знание принципов акустики: высота звука, извлекаемого струной, обратно пропорциональна ее длине и прямо пропорциональна ее толщине.

В виде хевсурского пандури сохранилась более простая форма, соответствующая тому этапу развития музыкального мышления, когда уже известно тонико-доминантовое функциональное соотношение, что, со своей стороны, указывает на высокий уровень музыкальной культуры.

Современному трехструнному пандури предшествовал двухструнный, строй которого, по нашему мнению, был квартный. Появившаяся позднее всех струной на пандури является средняя.

Самая развитая форма грузинского струнного щипкового инструмента представлена четырехструнным чонгури.

Названия струн струнных инструментов выражают регистровое расположение струн, в отличие от названий голосов, выражающих их функцию.

В народном быту не свидетельствуется объединение в ансамбль двух или более одинаковых инструментов (двух пандури, двух чонгури и т. д.).

Эмпирическое знание принципов акустики является выражением многовековых музыкальных традиций.

### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. დ. არაყიშვილი. სვანური ხალხური სიმღერები. თბილისი, 1950.
2. შ. ასლანიშვილი. ნარკვევები ქართული ხალხური სიმღერების შესახებ, II. თბილისი, 1956.
3. ვ. ახოზაძე. ქართული (სვანური) ხალხური სიმღერების კრებული. თბილისი, 1957.
4. ვ. ახოზაძე. ქართული (აჭარული) ხალხური სიმღერები. ბათუმი, 1961.
5. ი. ვ. ჭავჭავაძე. ქართული მუსიკის ისტორიის ძირითადი საკითხები. თბილისი, 1938.
6. Д. И. Аракишвили (Аракичев). Народная песня Западной Грузии (Имеретин). Оттиски из II т. трудов Музыкально-этнографической Комиссии, М., 1908.
7. Атлас музыкальных инструментов народов СССР. М., 1963.
8. Р. И. Грубер. История музыкальной культуры, т. I, ч. I, М.—Л., 1941.
9. И. М. Хашба. Абхазский народный музыкальный инструмент апхьарца. Труды Абхазского института языка, литературы и истории АН ГССР, XXXIII—XXXIV. Сухуми, 1963.

მთ. რედ აქტორი—საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
აკადემიკოსი რ. დვალი

Гл. редактор—академик Академии наук Грузинской ССР  
Р. Р. Двали

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.3.1967; შეკვ. № 239; ანაწყობის ზომა 7×11;  
ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 20,0;  
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 24,0; უე 01249; ტირაჟი 1350

Подписано к печати 29.3.1967; зак. № 239; размер набора 7×11; размер  
бумаги 70×108; количество уч.-изд. листов 20,0; количество печатных  
листов 24,0; УЭ 01249; тираж 1350

---

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 15.  
Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15.



შიხასარსი — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

მათემატიკა — МАТЕМАТИКА — MATHEMATICS

Г. Н. Тевзадзе. Об условиях интегрируемости основных уравнений поверхностей проективного пространства . . . . . 3\*

\*გ. თევზაძე. პროექციული სივრცის ზედაპირთა ძირითადი განტოლებების ინტეგრების პირობების შესახებ . . . . . 9

Х. Н. Инасаридзе. Расширения коммутативных инверсных полугрупп . . . . . 11

\*ხ. ინასარიძე. კომუტატურ ინვერსულ ნახევარჯგუფთა გაფართოებანი . . . . . 18

В. В. Николайшвили. О компонентах пространства вполне непрерывных векторных полей . . . . . 19

\*ვ. ნიკოლაიშვილი. სრულად უწყვეტი ვექტორული ველების სივრცის კომპონენტების შესახებ . . . . . 26

Р. В. Гамкрелидзе, Г. Л. Харатишвили. Теория первой вариации в экспериментальных задачах . . . . . 27

\*რ. გამყრელიძე, გ. ხარატიშვილი. პირველი ვარიაციის თეორია ექსტრემალურ ამოცანებში . . . . . 31

Р. Ш. Гонгадзе. О представлении чисел формами . . . . . 33

\*რ. ლონდაძე. რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ . . . . . 39

კიბერნეტიკა — КИБЕРНЕТИКА — CYBERNETICS

Г. Б. Букня. К вопросу мультипрограммной организации работы вычислительной системы . . . . . 41

\*გ. ბუკია. გამომთვლელი სისტემის მუშაობის მულტიპროგრამული ორგანიზაციის საკითხისათვის . . . . . 47

Г. А. Мачавариани. Стабилизация сигнала датчика в системе автоматического вождения трактора . . . . . 49

\*გ. მაკავარიანი. გადამწოდის სიგნალის სტაბილიზაცია ტრაქტორის ავტომატური მართვის სისტემაში . . . . . 52

ფიზიკა — ФИЗИКА — PHYSICS

Т. С. Мачарадзе. О дифференциальных характеристиках реакции . . . . . 53

\*თ. მაკარაძე. ...რეაქციის დიფერენციალური მახასიათებლების შესახებ . . . . . 60

В. С. Гургенидзе. О соотношениях между амплитудами фоторождения и пион-нуклонного рассеяния . . . . . 61

\*ბ. გურგენიძე. ფოტოგაჩენისა და პიონ-ნუკლონური ვაზნევის ამპლიტუდათა კავშირის შესახებ . . . . . 65

გეოფიზიკა — ГЕОФИЗИКА — GEOPHYSICS

Т. Л. Челидзе. О частотной дисперсии электрических свойств во влажных горных породах . . . . . 67

\*თ. ქელიძე. ტენიანი ქანების ელექტრული თვისებების სისშირული დისპერსიის შესწავლის საკითხისათვის . . . . . 73

ქიმია — ХИМИЯ — CHEMISTRY

Е. М. Бенашвили, Х. И. Арешидзе (член-корреспондент АН ГССР), Т. Т. Курашвили, А. В. Долидзе. Превращения циклогексена на кристаллических алюмосиликатах различной структуры . . . . . 75

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წინა წერილის რეზიუმეს ან თარგმანს.

\* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предшествующей статьи.

\* A title marked with an asterisk applies to a summary or translation of the preceding article.



\*ე. ბენაშვილი, ქრ. არეშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), თ. ყურაშვილი, ა. დოლიძე. ციკლოპექსენის გარდაქმნა სტრუქტურის კრისტალურ ალუმოსილიკატებზე . . . . . 80

К. А. Андрианов (академик), А. И. Ногайдели, Р. Ш. Ткешелашвили, Л. И. Накаидзе. О реакции конденсации α, ω-дигидроксиметилфенилсилоксана с олигомерами силдигидронафтиленсилоксанового ряда . . . . . 83

\*ე. ინდრიანოვი (აკადემიკოსი), ა. ნოლაიდელი, რ. ტყეშელაშვილი, ლ. ნაკაიძე, ა. ω-დიჰიდროქსიმეთილ-ფენილ-სილოქსანის სილიკატ-ნაფტოლენ-სილოქსანური რივის ოლიგომერებთან კონდენსაციის რეაქციის შესახებ . . . . . 89

ქიმიური ტექნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—  
CHEMICAL TECHNOLOGY

А. В. Саруханишвили, Е. М. Милюков. Влияние малых добавок  $Cr_2O_3$  на кристаллизацию многокомпонентного стекла . . . . . 91

\*ა. სარუხანიშვილი, ე. მილიუკოვი.  $Cr_2O_3$  მცირე დანამატების გავლენა მრავალკომპონენტური მინის კრისტალიზაციაზე . . . . . 95

ელექტროქიმია—ЭЛЕКТРОХИМИЯ—ELECTROCHEMISTRY

Н. И. Лагидзе, Л. Н. Джапаридзе, Дж. И. Джапаридзе. Полярографическое исследование поведения некоторых ионообменных смол в электролите источника тока марганцево-цинковой системы . . . . . 97

\*ნ. ლაღიძე, ლ. ჯაფარიძე, ჯ. ჯაფარიძე. თუთია-მანგანუმის სისტემის ელემენტის ელექტროლიტზე ზოგიერთი იონგაცვლითი ფისის მოქმედების შესწავლა პოლაროგრაფიული მეთოდით . . . . . 104

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

Н. В. Джибладзе. К цитохимическим и цитогенетическим особенностям лейкоцитарной клетки . . . . . 105

\*ნ. ჯიბლაძე. ლეიკოზური უჯრედის ციტოქიმიური და ციტოგენეტიკური თავისებურებანი . . . . . 109

მ. პოკუჩავა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ს. გიორგაძე, ე. პოპოვი. თავისუფალ ამინომჟავათა ცვალებადობის გამოკვლევა ჩაის წარმოების პროცესში . . . . . 111

\*М. А. Бокучава (член-корреспондент АН ГССР), С. Г. Георгадзе, В. Р. Попов. Исследование изменений свободных аминокислот в процессе производства чая . . . . . 114

А. Г. Шалашвили. Флавоноиды рододендрона кавказского... . . . . 115

\*ა. შალაშვილი. დეკას... ფოთლების ფლავონოიდური ნაერთები . . . . . 120

გეოგრაფია—ГЕОГРАФИЯ—GEOGRAPHY

Л. И. Маруашвили. Уникальная многоэтажная карстовая пещера Цуцхати в Западной Грузии . . . . . 123

\*ლ. მარუაშვილი. უნიკალური მრავალსართულიანი კარსტული მღვიმე ცუცხათში (დას. საქართველო) . . . . . 129

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

М. Д. Узнაдзе. Некоторые данные об эоценовой флоре окрестностей г. Ахалцихе (Грузинская ССР) . . . . . 131

\*მ. უზნაძე. ზოგიერთი მონაცემები ახალციხის მიდამოების ეოცენური ფლორის შესახებ . . . . . 134

მინერალოგია—МИНЕРАЛОГИЯ—MINERALOGY

М. Д. Купарадзе, И. И. Хмаладзе. Некоторые новые данные о гидротермалитах Аджарского рудного района . . . . . 135





\*მ. ყუფარაძე, ირ. ხშალაძე. ზოგიერთი ახალი მონაცემები აჭარის მდინაი რაიონის ჰიდროთერმალიტების შესახებ . . . . . 142

**პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGIA**

Н. П. Джанелидзе. Новый вид рода *Paradasna* из плиоцена Эвксинского бассейна . . . . . 143

\*ნ. ჩანელიძე. გვარ *Paradasna*-ს ახალი სახეობა ევქსინური აუზის პლიოცენიდან . . . 147

**მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY**

И. Ш. Цинцадзе, Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР). Влияние ультразвука на фазовые превращения в сталях . . . . . 149

\*ი. ცინცაძე, ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). ულტრაბგერის გავლენა ფაზურ გარდაქმნებზე ფოლადებში . . . . . 154

Л. Ф. Тавадзе. Влияние кремния, молибдена и меди на структуру, твердость и коррозионную стойкость стали ОХ18Н20 . . . . . 155

\*ლ. თავაძე. სილიციუმის, მოლიბდენისა და სპილენძის გავლენა ფოლად ОХ18Н20-ის სტრუქტურაზე, სისაღებ და კოროზიულ მდგრადობაზე . . . . . 160

**ჰიდრაულიკა—ГИДРАВЛИКА—HYDRAULICS**

Е. И. Масс. К вопросу определения допускаемых (неразмывающих) скоростей и предельной глубины размыва в волновом потоке . . . . . 161

\*ე. მასი. ტალღურ ნაკადებში დასაშვები სიჩქარეებისა და ზღვრული გარეცხვის სიღრმის განსაზღვრის საკითხისათვის . . . . . 166

**მანქანათმშენებლობა—МАШИНОВЕДЕНИЕ—MECHANICAL ENGINEERING**

Л. Л. Гвелесиани. Оптимальный режим торможения экипажа с рекуперативным тормозом . . . . . 169

\*ლ. გველესიანი. მუხრუჭ-რეკუპერატორით აღჭურვილი გეიპაეის დამუხრუჭების ოპტიმალური რეჟიმი . . . . . 173

**ავტომატიკა და ტელემექანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—AUTOMATICS AND TELEMCHANICS**

Н. Г. Туркия, Н. А. Вепхвадзе, Д. И. Чулая, Л. Д. Чхаидзе. Расчет на ЦВМ токов и напряжений при несимметричных повреждениях в сети энергосистемы . . . . . 175

\*ნ. თურქია, ნ. ვეფხვაძე, დ. წულაია, ლ. ჩხაიძე. დენებისა და ძაბვების ანგარიში ციფრულ გამომთვლელ მანქანაზე ენერგოსისტემის ქსელში არასიმეტრიული დაზიანების დროს . . . . . 179

**ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY**

ბ. გიორგაძე. მოძრავი ნაშალების მცენარეულობა თბილისის მიდამოებში . . . . . 181

\*ბ. გ. გიორგაძე. Растительность движущихся осыпей в окрестностях Тбилиси . . . . . 187

**მეცენარეობა—РАСТЕНИЕВОДСТВО—PLANT-GROWING**

ლ. გიორგაძე. სასილოსე სიმინდის ჯიშთაშორისო ჰიბრიდი „დიდმურა 3“ . . . . . 189

\*ლ. ს. გიორგაძე. Межсортowej гибриды силосной кукурузы Дигмура-3 . . . . . 193

**მცენარეთა ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ—PHYSIOLOGY OF PLANTS**

Б. М. Кавтელაძე, Н. М. Датукишвили. Содержание Sr-90 в листьях и плодах некоторых плодовых культур . . . . . 195

\*ბ. კავთელაძე, ნ. დათუკიშვილი. Sr-90-ის შემცველობა სხვადასხვა ხეხილის ფოთლებსა და ნაყოფებში . . . . . 196



ფიტოპათოლოგია—ФИТОПАТОЛОГИЯ—PHYTOPATHOLOGY

ა. ძ ა გ ა ნ ი ა. მასალები ზეთისხილის ჩოფურჩიანობის გამომწვევის განვითარების თავისებურებათა შესწავლისათვის საქართველოში . . . . . 199

\*А. М. Дзаганиа. Материалы к изучению особенностей развития возбудителя „оспы“ маслины в Грузии . . . . . 204

ენტომოლოგია—ЭНТОМОЛОГИЯ—ENTOMOLOGY

ც. ჩ უ ბ ი ნ ი შ ვ ი ლ ი. მასალები მარწყვის მავნე ფაუნის შესწავლისათვის საქართველოში . . . . . 207

\*Ц. И. Чубинишвили. Материалы по изучению вредной фауны земляники в Грузии . . . . . 213

ი. ს ხ ი რ ტ ლ ა ძ ე. მასალები მესხეთ-ჯავახეთში გავრცელებული ფუტკრისნაირთა (Apidae) ფაუნის შესწავლისათვის . . . . . 215

\*И. А. Схиртладзе. Материалы к изучению фауны пчелиных (Apidae), распространённых в Месхет-Джавахетии . . . . . 222

ანატომია—АНАТОМИЯ—ANATOMY

ბ. შ ი უ კ ა შ ვ ი ლ ი. ელასტიური ბოჭკოები სარძევე ჭირკვლის კიბოსწინარე დაავადებებსა და კიბოში . . . . . 223

\*Н. Н. Шукашвили. Эластические волокна в предраковых разрастаниях и раке молочной железы . . . . . 225

ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ—PHYSIOLOGY

Т. ლ. ნ ა ნ ე ი შ ვ ი ლ ი. Изменение электрической активности в лимбических структурах кошки при эмоциональных реакциях . . . . . 227

\*თ. ნ ა ნ ე ი შ ვ ი ლ ი. ელექტრული აქტივობის ცვლილება კატის ლიმბიკურ სტრუქტურებში ემოციური რეაქციების დროს . . . . . 233

მასპერიმენტული მედიცინა—ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА—

EXPERIMENTAL MEDICINE

ც. შ. დ ჯ ა ნ ე ლ ი ძ ე. Об изменениях некоторых корково-подкорковых взаимоотношений при искусственной гипотонии . . . . . 235

\*ც. ჯ ა ნ ე ლ ი ძ ე. ქერქისა და ზოგიერთი ქერქქვეშა წარმონაქმნის ურთიერთობის შესახებ ხელოვნური ჰიპოთერმიის დროს . . . . . 241

А. В. Чачава. Двигательная функция желчного пузыря при лучевой болезни . . . . . 243

\*ა. ჩ ა ჩ ა ვ ა. ნალელის ბუშტის მამოძრავებელი ფუნქცია სხივური დაავადების დროს . . . . . 247

კლინიკური მედიცინა—КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА—

CLINICAL MEDICINE

К. И. Канделаки. Эндогенные стимуляторы кроветворения (гемопоэтины) у почечных больных . . . . . 249

\*ქ. კ ა ნ დ ე ლ ა კ ი. ჰემოპოეზის ენდოგენური სტიმულატორები (ჰემოპოეტინები) თირკმლით დაავადებულებში . . . . . 252

ს. ფ ა ლ ა ვ ა ნ დ ი შ ვ ი ლ ი. მარცხენა ვენური ხერულის სტენოზის ქირურგიული მკურნალობა ორსულობის დროს . . . . . 255

\*С. В. Палаваидишвили. Хирургическое лечение стеноза левого венозного устья во время беременности . . . . . 258

С. П. Кипиани, Т. Г. Мгеладзе, Э. М. Какауридзе, М. Н. Церетели. К клинико-рентгенологической характеристике баритоza . . . . . 261

\*ს. ყ ი ფ ი ა ნ ი, თ. მ გ ე ლ ა ძ ე, ე. კ ა კ ა უ რ ი ძ ე, მ. წ ე რ ე თ ე ლ ი. ბარიტოზის კლინიკურ-რენტგენოლოგიური დახასიათებისათვის . . . . . 266

ფილოლოგია—ФИЛОЛОГИЯ—PHILOLOGY

ც. ქ უ რ ც ი კ ი ძ ე. „ნინოს ცხოვრების“ მეტაფრასული რედაქციის წყაროს საკითხისათვის . . . . . 269

\*Ц. И. Курцикидзе. Об источнике метафрастической редакции „Жития св. Нины“ . . . . . 274

ეთნოგრაფია—ЭТНОГРАФИЯ—ETHNOGRAPHY

მ. შ ი ლ ა კ ა ძ ე. ქართული ხალხური სიმებიანი ინსტრუმენტების ძირითადი თავისებურებანი . . . . . 277

\*М. И. Шилакадзе. Основные особенности грузинских народных струнных инструментов . . . . . 282

УТВЕРЖДЕНО  
Президиумом Академии наук  
Грузинской ССР  
28.3.1963

## ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях Академии наук Грузинской ССР» публикуются статьи научных работников Академии наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение основных результатов их исследований.

2. «Сообщениями» руководит редакционная коллегия, избираемая общим собранием Академии наук Грузинской ССР.

3. «Сообщения» выходят ежемесячно отдельными выпусками приблизительно в объеме 16 печатных листов каждый. Выпуски каждого квартала (три выпуска) составляют один том.

4. Статьи должны быть представлены на двух языках: на грузинском и русском. На одном из них, по желанию автора, — полный текст, а на другом языке — краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 20 000 типографских знаков (8 страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках «Сообщений» не допускается.

6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию «Сообщений» для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.

7. Статьи (а также соответствующие иллюстрации и чертежи) должны быть представлены автором в одном экземпляре, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части на иллюстрациях должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и добавления после принятия к печати не допускаются.

8. Данные о цитированной литературе должны быть по возможности полными: необходимо указать полное заглавие статьи, название журнала, в котором опубликована статья, номер серии, тома, выпуска, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.

9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.

10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа.

Статья датируется днем поступления ее в редакцию.

11. Автору представляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без визы автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, ул. КУТУЗОВА, 15

Телефон 7-18-05, доб. 3-42

Условия подписки: на 1 год — 12 руб., на 6 месяцев — 6 руб

და მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა  
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
პრეზიდიუმის მიერ 28.3.1963

„საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“  
დ ე ბ უ ლ ე ბ ა

1. „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ იბეჭდება აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გამოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.

2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეჯია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.

3. „მოამბე“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდური თაბანი. ყოველი კვარტალის ნაკვეთები (სამი ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.

4. „მოამბეში“ დასაბეჭდად წერილები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ენაზე: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მათგანზე, ავტორის სურვილისამებრ, —სრული ძირითადი ტექსტი, ხოლო მეორეზე —ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გამოცემა.

5. წერილის მოცულობა (ორივე ტექსტისა), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 20.000 სასტამბო ნიშანს (ჯერნალის 8 გვერდს); არ შეიძლება წერილის დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.

6. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორების წერილები იბეჭდება აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარდგინებით. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსაზღვრულად, რათა მან, დადებითად შეფასების შემთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბეჭდად.

7. წერილები (აგრეთვე სათანადო ილუსტრაციები და ნახაზები) ავტორმა უნდა წარმოადგინოს თითო ცალად, დასაბეჭდად საცხები მომზადებული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობრივი წარწერები ორივე ენაზე უნდა იყოს შესრულებული. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების შეტანა აღარ შეიძლება.

8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები შეძლებისდა, გვარად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ჟურნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წელის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილს ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი.

წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.

11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა). თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოდგენილი, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რ ე დ ა მ ტ კ ი ც ი ს მ ი ს ა მ ა რ თ ი: თბილისი, კუბუჯოვის ქ. 15

ტელეფონი 7-18-05, დამ. 3-42

ბ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.