

1966.



საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე



78

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР



BULLETIN  
OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR



XLII:2

ბაიბი 1966 მაჩ

თბილისი \* ТБИЛИСИ \* TBILISI

Г. Н. ТЕВЗАДЗЕ

О ПАРЕ СОПРЯЖЕННЫХ АФФИННЫХ СВЯЗНОСТЕЙ,  
 ИНДУЦИРУЕМЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ  
 ПРОЕКТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА  $P_2$

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 15.2.1965)

Как известно [1], [2], на нормализованной поверхности проективного пространства индуцируется пара сопряженных аффинных связностей, но не всякую сопряженную пару связностей можно реализовать на поверхности. В настоящей заметке делается попытка отыскания условий, при которых пара сопряженных аффинных связностей может быть реализована на поверхности трехмерного проективного пространства.

Для решения этой задачи мы будем применять здесь подход к вопросу, изложенный в нашей статье [3], и иногда без повторного разъяснения будем употреблять встречаемые там формулы и обозначения.

Пусть  $f_{ij}$  — тензор какой-нибудь сопряженной сети на заданной поверхности  $M(x^\alpha, \xi_a)$  ( $x^\alpha$  — точечные, а  $\xi_a$  — тангенциальные координаты этой поверхности; при этом греческие индексы всегда принимают значения от 1 до 4, а латинские тензорные индексы — 1 и 2),  $b_{ij}$  — тензор асимптотической сети поверхности  $M$ . Через  $e_{ij}$  обозначим общий аполярный тензор двух тензоров  $b_{ij}$  и  $f_{ij}$ . Будем предполагать, что они образуют тройку невырожденных сетей, а сама поверхность  $M$  не является развертывающейся.

Нормализуем поверхность  $M$  прямыми Грина сети  $f_{ij}$  и выберем все элементы нормализации таким образом, чтобы имели место все результаты и соотношения статьи [3].

Выпишем теперь хорошо известные условия интегрируемости основных уравнений нормализованной поверхности, соблюдение которых определяет нормализованную поверхность с точностью до проективного преобразования ([1], стр. 193, [2], стр. 228):

$$\left. \begin{aligned} 1) \quad \nabla^k l_k &= p_{\cdot k}^{\cdot k}, & \nabla^k \lambda_k &= \pi_{\cdot k}^{\cdot k}, \\ 2) \quad b_i^k m_k^l &= R_{\cdot i}^{\cdot l} + p_{\cdot k}^{\cdot k} \delta_i^l - P_{\cdot i}^{\cdot \cdot}, & b_i^k \mu_k^l &= \rho_{\cdot i}^{\cdot l} + \pi_{\cdot k}^{\cdot k} \delta_i^l - \pi_{\cdot i}^{\cdot \cdot}, \\ 3) \quad b_i^k m_k &= \nabla^k p_{ik}, & b_i^k \mu_k &= \nabla^k \pi_{(i)k}, \\ 4) \quad -b_i^k \omega_k &= \nabla^k b_{ki}, & -b^k \omega_k &= \nabla^k b_{(i)k}, \end{aligned} \right\} (1)$$



$$\left. \begin{aligned} 5) \quad \nabla^k m_k^l + \omega^k m_k^l &= m^l, & \nabla^k \mu_k^{(l)} + \omega^k \mu_k^l &= \mu^l, \\ 6) \quad \nabla^k m_k + \omega^k m_k &= -m_k^i \rho_k^i, & \nabla^k \mu_k + \omega^k \mu_k &= -\mu_k^i \pi_k^i, \\ 7) \quad m_k^i b_k^i - \nabla^k \lambda_k &= 0, & \mu_k^i b_k^i - \nabla^k l_k &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

причем значение встречаемых здесь величин ясно также из соотношений (7) и (18) [3] (иногда так будем указывать равенства из статьи [3]).

Уравнения (1<sub>3</sub>)<sup>1</sup> в силу (24) [3] эквивалентны следующим двум равенствам:

$$\nabla^j p_{ij} + \nabla^j \pi_{(i)j} = 0, \quad 2 b_i^i m_k = \nabla^k p_{ik} - \nabla^k \pi_{(i)k},$$

которые, согласно соотношениям (5), (29), (30), (33) и (34) [3], принимают вид

$$e_i^n \partial_n y + f_i^n \partial_n x + \omega_n e_i^n y + \omega_n f_i^n x + H_i = 0,$$

$$\left. \begin{aligned} H_i &= \frac{1}{2} f_{in} [\nabla^n A + A(\omega^n - 2 T^n)] - \frac{1}{8} \nabla_i (\rho_{\cdot n}^n + R_{\cdot n}^n) - \\ &- \frac{1}{8} \omega_i (\rho_{\cdot n}^n + R_{\cdot n}^n) + \frac{1}{8} T_i (\rho_{\cdot n}^n + R_{\cdot n}^n), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$m_i = -\partial_i y - \omega_i y + 2 T^n e_{ni} x + L_i,$$

$$\left. \begin{aligned} L_i &= \frac{1}{2} e_{in} [\nabla^n A + A(\omega^n - 2 T^n)] - \\ &- \frac{1}{4} b_i^n \left[ \frac{1}{4} \nabla_n (\rho_{\cdot k}^k - R_{\cdot k}^k) + \frac{1}{4} \omega_n (\rho_{\cdot k}^k - R_{\cdot k}^k) - T_n (R_{\cdot k}^k + \rho_{\cdot k}^k) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Если в этих выражениях учесть, что

$$\begin{aligned} \nabla^n A + A\omega^n &= \frac{1}{2} f^{ms} \overset{c}{\nabla^n} R_{ms}; \quad \rho_{\cdot n}^n + R_{\cdot n}^n = \\ &= -2 \nabla^n \omega_n; \quad \rho_{\cdot n}^n - R_{\cdot n}^n = 4 \nabla^n T_n, \end{aligned} \quad (4)$$

то величины  $H_i$ ,  $L_i$  можно представить еще в виде

$$\left. \begin{aligned} H_i &= f_{in} \left( \frac{1}{4} f^{ms} \overset{c}{\nabla^n} R_{ms} - T^n \right) + \frac{1}{4} \nabla_i \nabla^n \omega_n + \\ &+ \frac{1}{4} \omega_i \nabla^n \omega_n + \frac{1}{2} T_i \nabla^n T_n, \\ L_i &= e_{in} \left( \frac{1}{4} f^{ms} \overset{c}{\nabla^n} R_{ms} - T^n \right) - \frac{1}{2} b_i^n \left( \frac{1}{2} \nabla_n \nabla^m T_m + \right. \\ &\left. + \frac{1}{2} \omega_n \nabla^m T_m + T_n \nabla^m \omega_m \right). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

<sup>1</sup>) (1<sub>3</sub>) обозначает уравнения третьей строки системы (1). Аналогичные обозначения употребляются также в дальнейшем.

Совершенно аналогичные вычисления показывают, что сумма и разность уравнений (1<sub>5</sub>) дают те же соотношения (2) и (3) соответственно.

Теперь в силу (5), (29) [3] и (4)

$$\begin{aligned} m_j^i p_i^j &= -\mu_j^i \pi_i^j = 2y(l + \lambda - A) = \\ &= -\frac{y}{2} (\rho_n^n + R_n^n + 2R_{mn} f^{mn}) = y(\nabla^n \omega_n - R_{mn} f^{mn}), \end{aligned} \quad (6)$$

поэтому равенства (1<sub>6</sub>) сводятся к единственному условию

$$R_{mn} f^{mn} y = 2T^n e_{nm} \nabla^m x + 2(\nabla^m T^n + 2T^n \omega^m) e_{nm} x + \nabla^i L_i + \omega^i L_i. \quad (7)$$

Легко проверить, что соотношения (1<sub>1</sub>) и (1<sub>7</sub>) совпадают между собой и если заданы внутренние связности, то они определяют  $l_i$ ,  $\lambda_i$  с точностью до несущественного градиентного слагаемого. Далее, (1<sub>2</sub>) удовлетворяются выражениями (26) и (29) [3], а (1<sub>4</sub>) при нормировании (17) [3] определяет дополнительный вектор средней связности.

Таким образом, заканчивая анализ условий (1), мы приходим к следующему результату.

Пусть в некотором аналитическом многообразии ( $u^1, u^2$ ) заданы тройка невырожденных, симметричных, взаимно аполярных тензоров  $b_{ij}$ ,  $f_{ij}$ ,  $e_{ij}$  и конформная пара сопряженных относительно  $b_{ij}$  аффинных связностей без кручения  $G_{ij}^n$ ,  $\Gamma_{ij}^n$ , имеющих  $f_{ij}$  в качестве общей изотропной сети. Составим следующую систему дифференциальных уравнений, содержащую две неизвестные функции  $x$  и  $y$ :

$$\left. \begin{aligned} f_i^n \partial_n x + e_i^n \partial_n y + \omega_n f_i^n x + \omega_n e_i^n y + H_i &= 0, \\ Ay = T^n e_{nm} \nabla^m x + (\nabla^m T^n + 2T^n \omega^m) e_{nm} x + M, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} \omega_i &= b_i^m \nabla^m b_{nm}; \quad T_i = \frac{1}{4} (\Gamma_{ik}^k - G_{ik}^k); \quad A = \frac{1}{2} R_{mn} f^{mn}; \\ M &= \frac{1}{2} (\nabla^i L_i + \omega^i L_i), \end{aligned} \quad (9)$$

при этом величины  $H_i$ ,  $L_i$  определены равенствами (5). Совместность системы (8) является необходимым и достаточным условием того, чтобы существовала нормализованная поверхность проективного пространства с асимптотической сетью  $b_{ij}$ , на который прямые Грина сети  $f_{ij}$  индуцируют заданную конформную пару аффинных связностей.

Легко перефразировать этот результат также для конгруэнции прямых проективного пространства.

При некоторых ограничениях из системы (8) путем дифференцирования и исключения можно определить неизвестные функции  $x$  и  $y$ . В



этом случае система (8) будет налагать условия на величины  $b_{ij}$ ,  $f_{ij}$ ,  $e_{ij}$ ,  $G_{ij}^n$ ,  $\Gamma_{ij}^n$ , т. е. только на величины  $b_{ij}$ ,  $G_{ij}^n$ ,  $\Gamma_{ij}^n$ , так как ими определяются остальные две —  $f_{ij}$  и  $e_{ij}$ . В самом деле, по формулам (5), (26), (27) [3] получаем, что

$$f_{ij} = \frac{1}{A} R_{(ij)}, \quad f_{ij} f^{ij} = -2 = \frac{1}{A^2} R_{(ij)} R^{ij} \quad (10)$$

при

$$A \neq 0. \quad (11)$$

Наметим здесь общую схему исключения  $x$  и  $y$  из системы (8). В силу (11) систему (8) представим в виде

$$\left. \begin{aligned} T^n e_n^m \nabla_j \nabla_m x &= M_j; & M_j &= A_j^m \nabla_m x + B_j x + C_j, \\ A_j^n &= A b_j^n - \omega_j T^n e_n^m - A \nabla_j \left( \frac{1}{A} T^n e_n^m \right) + \\ &+ (\nabla^s T^n + 2 T^n \omega^s) e_{ns} \delta_j^m; & C_j &= M \omega_j + A H_n e_j^n + A \partial_j \frac{M}{A}, \\ B_j &= \omega_j (\nabla^m T^n + 2 T^n \omega^m) e_{mn} + A \omega_n b_j^n + \\ &+ A \partial_j \left[ \frac{1}{A} (\nabla^m T^n + 2 T^n \omega^m) e_{nm} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

С другой стороны, исходя из тождества  $\nabla^i \nabla_i y = 0$ , та же система (8) дает уравнение

$$b^{nj} \nabla_j \nabla_n x = N; \quad N = N^m \nabla_m x + E x + F, \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} N^m &= -\frac{1}{A} T^n e_n^m \nabla^j \omega_j - 2 b^{nm} \omega_n; & F &= \frac{M}{A} \nabla^j \omega_j + H_n e_j^n \omega^j + \nabla^j (H_n e_j^n), \\ E &= \frac{1}{A} (\nabla^m T^n + 2 T^n \omega^m) e_{nm} \nabla^j \omega_j - b^{nj} \omega_n \omega_j + \nabla^j (\omega_n b_j^n) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

и полученную систему равенств (12), (14) можно записать в виде

$$\begin{aligned} \nabla_j \nabla_j x &= a b_{ij} + b e_{ij} + c f_{ij}, \quad a = \frac{N}{2}, \quad b = \frac{e^\circ N + 2 T_m M_n b^{mn}}{2 b^\circ}, \quad c = \frac{2 M_n T^n - f^\circ N}{2 b^\circ}, \\ & f^\circ = f^{mn} T_n T_m, \quad b^\circ = b^{mn} T_n T_m, \quad e^\circ = e^{nm} T_n T_m \end{aligned} \quad (16)$$

или

$$\left. \begin{aligned} \nabla_j \nabla_j x &= A_{ij}^n \nabla_n x + B_{ij} x + C_{ij}, \\ A_{ij}^n &= \frac{1}{2} N^n b_{ij} + \frac{1}{2 b^\circ} (2 T^m A_m^n - f^\circ N^n) f_{ij} + \frac{1}{2 b^\circ} (e^\circ N^n + 2 T_l b^{lm} A_m^n) e_{ij}, \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} B_{ij} &= \frac{E}{2} b_{ij} + \frac{I}{2b^0} (2T^n B_n - f^0 E) f_{ij} + \frac{I}{2b^0} (e^0 E + 2T_r b^{rn} B_n) e_{ij}, \\ C_{ij} &= \frac{F}{2} b_{ij} + \frac{I}{2b^0} (2T^n C_n - f^0 F) f_{ij} + \frac{I}{2b^0} (e^0 F + 2T_r b_c^{rn}) e_{ij}, \end{aligned} \right\} (17)$$

при этом предполагается, что

$$b^0 = b^{nm} T_n T_m \neq 0. \quad (18)$$

Используя формулу ([1], стр. 128)

$$\frac{c}{\nabla^j} \nabla_j \nabla_i x = \overset{c}{R} \cdot \overset{c}{i} \nabla_m x; \quad \overset{c}{R} \cdot \overset{c}{i} = \frac{I}{2} (R_i^m + \rho_i^m) = -\frac{I}{2} \nabla^n \omega_n \delta_i^m,$$

найдем условие интегрируемости системы (17):

$$\begin{aligned} &\left( \frac{I}{2} \nabla^m \omega_m \delta_i^n - \overset{c}{\nabla^j} A_{ij}^n - A_{ij}^m A_m^j + B_i^n \right) \nabla_n x = \\ &= (A_{ij}^n B_i^j + \overset{c}{\nabla^j} B_{ij}) x + A_{ij}^n C_j^i + \overset{c}{\nabla^j} C_{ij}. \end{aligned}$$

С целью определения отсюда производных  $\nabla_i x$ , полагая

$$\frac{I}{2} \nabla^m \omega_m \delta_i^n - \overset{c}{\nabla^j} A_{ij}^n - A_{ij}^m A_m^j + B_i^n = G \delta_i^n + M b_i^n + L e_i^n + P f_i^n,$$

$$\left. \begin{aligned} 2G &= \nabla^m \omega_m - \overset{c}{\nabla^j} A_{ij}^i - A_{ij}^m A_m^i; \quad 2M = b_i^n (-\overset{c}{\nabla^j} A_{ij}^n - A_{ij}^m A_m^j) - E; \\ 2L &= e_i^n (-\overset{c}{\nabla^j} A_{ij}^n - A_{ij}^m A_m^j + B_i^n); \quad 2P = f_i^n (-\overset{c}{\nabla^j} A_{ij}^n - A_{ij}^m A_m^j + B_i^n), \end{aligned} \right\} (19)$$

будем иметь

$$\nabla_i x = r_i x + Q_i,$$

$$r_i = \frac{I}{L^2 + P^2 - G^2 - M^2} (M b_i^n + L e_i^n + P f_i^n - G \delta_i^n) (A_{nj}^m B_m^j + \overset{c}{\nabla^j} B_{nj}), \quad (20)$$

$$Q_i = \frac{I}{L^2 + P^2 - G^2 - M^2} (M b_i^n + L e_i^n + P f_i^n - G \delta_i^n) (A_{nj}^m C_m^j + \overset{c}{\nabla^j} C_{nj})$$

при

$$L^2 + P^2 - G^2 - M^2 \neq 0. \quad (21)$$

Наконец, условие интегрируемости системы (20)

$$x \nabla^i r_i + r_i Q^i + \overset{c}{\nabla^j} Q_j = 0 \quad (22)$$

дает искомую функцию  $x$ , если

$$\overset{c}{\nabla^j} r_j \neq 0. \quad (23)$$

Зная  $x$ , с помощью второго равенства системы (8) можно определить функцию  $y$ , и тогда первое равенство этой же системы будет вы-



ражать налагаемое на величины  $b_{ij}$ ,  $f_{ij}$ ,  $e_{ij}$ ,  $G_{ij}^n$ ,  $\Gamma_{ij}^n$  необходимое и достаточное условие существования единственной нормализованной поверхности проективного пространства, несущей эти величины.

Легко выяснить геометрический смысл ограничений (11) и (18). Очевидно, в силу (26), (27) [3] равенство  $A = 0$  равносильно квазиэвклидовости связностей  $G_{ij}^n$ ,  $\Gamma_{ij}^n$ , а  $b^0 = 0$  характеризует линейчатые поверхности. В самом деле, известные соотношения ([2], стр. 417)

$$B_{ij}^n = \Gamma_{ij}^n - G_{ij}^n - \delta_i^n T_j - \delta_j^n T_i - b_{ij} b^{nm} T_n, \quad B_{ij}^n B_{nk}^n = J b_{kj},$$

согласно (32) [3], принимают вид

$$B_{ij}^n = T_i \delta_j^n + T_j \delta_i^n + 2 f_{ij} f^{nm} T_m, \quad b_{ij} b^{nm} T_m, \quad J = 2b^0, \quad (24)$$

так как

$$T_i T_j + f^0 f_{ij} + e_i^n e_j^n T_n T_m = b^0 b_{ij}.$$

Таким образом,

$$b^0 = b^{mn} T_n T_m = \frac{1}{2} J = \frac{1}{4} b^{rs} B_{nr}^m B_{ms}^n, \quad (25)$$

и поэтому  $b^0 = 0$ , как и  $J = 0$ , характеризует линейчатые поверхности ([2], стр. 416).

До сих пор искомая поверхность предполагалась нормализованной прямыми Грина сопряжений сети. Однако от такого ограничения сразу можно освободиться, замечая, что при произвольной нормализации прямые Грина сопряженной сети  $f_{ij}$  определяются ее чебышевскими векторами первого и второго родов  $f_i \varphi_i$  соответственно ([2], стр. 380).

При этом по известным формулам теории нормализации ([1], [2]) будем иметь

$$\left. \begin{aligned} 'G_{ij}^n &= G_{ij}^n - 2 \delta_{(i}^n f_{j)} + b_{ij} b^{nm} \varphi_m; \quad ' \Gamma_{ij}^n = \Gamma_{ij}^n - 2 \delta_{(i}^n \varphi_{j)} + b_{ij} b^{nm} f_m, \\ 'T_i &= T_i - \varphi_i + f_i, \\ 'R_{ij} &= R_{ij} - 2 \nabla_{[i} f_{j]} + \nabla_i (\varphi_j - f_j) - \nabla_n (b_{ij} b^{mn} \varphi_m) + \\ &+ b_{ij} b^{mn} (f_n - \varphi_n) \varphi_m + \varphi_i \varphi_j - f_i f_j, \quad ' \omega_i = \omega_i + \varphi_i + f_i, \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

где, в отличие от первоначальной нормализации, штрихом обозначены элементы, принадлежащие произвольной нормализации поверхности.

Прежде всего отметим, что в рассматриваемом общем случае выражение (24) принимает вид

$$B_{ij}^n = F_i \delta_j^n + F_j \delta_i^n + 2 f_{ij} f^{nm} F_m - b_{ij} b^{nm} F_m,$$

$$F_i = 'T_i + \varphi_i - f_i = \frac{1}{2} f_{in} B_{nr}^n f^{mr}. \quad (27)$$

Здесь  $F_i$  — инвариант, который другим путем был введен А. П. Норде-ном ([2], стр. 400). Как и выше, отсюда будем иметь

$$B_{ni}^m B_{mj}^n = J b_{ij}, \quad J = 2 b^{mn} F_m F_n. \quad (28)$$

Наконец, в равенствах (33) [3], учитывая, например, соотношения вида

$$b_{nj} e_{ri} - b_{nr} e_{ji} = \varepsilon_{jr} b_n^k e_{ki} = \varepsilon_{rj} f_{ni},$$

согласно (26) и (27), получаем

$$\left. \begin{aligned} {}'\nabla_n b_{ij} &= ({}'\omega_n + {}'T_n + F_n) b_{ij} - 2 F_r f_n^r e_{ij} + ({}'T_j - F_j) b_{ni} + ({}'T_i - F_i) b_{nj}, \\ {}'\nabla_n e_{ij} &= ({}'\omega_n + {}'T_n + F_n) e_{ij} + 2 b_n^m \varphi_m f_{ij} - 2 f_n^m F_m b_{ij} + \\ &\quad + ({}'T_i - F_i) e_{nj} + ({}'T_j - F_j) e_{ni}, \\ {}'\nabla_n f_{ij} &= ({}'\omega_n + {}'T_n + F_n) f_{ij} + 2 \varphi^r b_{rn} e_{ij} + \\ &\quad + ({}'T_i - F_i) f_{nj} + ({}'T_j - F_j) f_{ni}, \\ {}'\nabla_{(n)} f_{ij} &= ({}'\omega_n - {}'T_n - F_n) f_{ij} + 2 f^r b_{rn} e_{ij} + \\ &\quad + (F_i - {}'T_i) f_{nj} + (F_j - {}'T_j) f_{ni}, \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

где  $'\nabla_n$  указывает на ковариантное дифференцирование в связности  $'G_{ij}^n$ , а  $'\nabla_{(n)}$  — в связности  $'\Gamma_{ij}^n$ .

Обозначая теперь через (8') систему (8), в которой все величины преобразованы по формулам (26), можно сформулировать следующий результат.

Допустим, что в некотором аналитическом многообразии  $(u^1, u^2)$  заданы тройка невырожденных, симметричных, взаимноаполярных тензоров  $f_{ij}$ ,  $b_{ij}$ ,  $e_{ij}$  и пара сопряженных относительно  $b_{ij}$  аффинных связностей без кручения ( $'G_{ij}^n$ ,  $'\Gamma_{ij}^n$ ). Пусть величины  $f_{ij}$ ,  $b_{ij}$ ,  $e_{ij}$  удовлетворяют соотношениям (29). В этих условиях совместность системы (8') является необходимым и достаточным условием того, чтобы существовала нормализованная поверхность проективного пространства с асимптотической сетью  $b_{ij}$ , на которой в качестве внутренних геометрий индуцируются заданные связности  $'G_{ij}^n$ ,  $'\Gamma_{ij}^n$ .

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



## ბ. თეზისები

შეუღლებულ აფინურ ბმულობათა წყვილის შესახებ,  
რომლებიც ინდუცირებული არიან  $P_3$  კრომეტიული  
სივრცის ზედაპირზე

რეზიუმე

სტატიაში მიღებულია აუცილებელი და საკმარისი პირობები, რათა წინასწარ მოცემულ აფინურ ბმულობათა შეუღლებული წყვილი რეალიზებულ იქნეს პროექციული სივრცის ზედაპირზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Норден. О внутренних геометриях поверхностей проективного пространства. Труды семинара по вект. и тенз. анализу, вып. 6, 1948, 125—224.
2. А. П. Норден. Пространства аффинной связности. М.—Л., 1950.
3. Г. Н. Тевзадзе. О нормализованных конгруэнциях прямых. Сообщения АН ГССР, XLI:3, 1966, 521—528.

О. Д. ЦЕРТЕЛИ

ЗАМЕЧАНИЕ К ОДНОЙ ТЕОРЕМЕ ЗИГМУНДА

(Представлено академиком Н. П. Векуа 28.4.1965)

1. Пусть функция  $f$  имеет период  $2\pi$  и суммируема на  $(0, 2\pi)$ . Известно, что сопряженная функция  $\tilde{f}$ , определенная равенством

$$\tilde{f}(x) = -\frac{1}{\pi} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{\varepsilon}^{\pi} \frac{f(x+t) - f(x-t)}{2 \operatorname{tg} \frac{t}{2}} dt,$$

существует почти всюду ([1], стр. 214), но, вообще говоря, не является суммируемой на  $(0, 2\pi)$ . А. Зигмунду принадлежит теорема, утверждающая, что если  $|f| \operatorname{lg}^+ |f| \in L(0, 2\pi)$ , то и  $\tilde{f} \in L(0, 2\pi)$  ([1], стр. 404).

Условие Зигмунда не является необходимым для суммируемости  $\tilde{f}$ . Однако, как показал М. Рисс, для неотрицательных функций это условие уже и необходимо ([1], стр. 404). Отсюда следует, что если  $f, \tilde{f} \in L(0, 2\pi)$ , но  $|f| \operatorname{lg}^+ |f| \notin L(0, 2\pi)$ , то непременно должно быть  $f^+ \notin L(0, 2\pi)$  и  $\tilde{f}^- \notin L(0, 2\pi)$ , где  $f^- = f^+ - f$ . Следовательно, суммируемость функции  $\tilde{f}$  в таком случае обусловлена некоторым специальным „распределением значений“ функции  $f$ .

В настоящей заметке доказывается, что условие Зигмунда является также и необходимым, если мы желаем, чтобы сопряженная функция для  $f$  была суммируемой при любом „распределении значений“ функции  $f$  (см. ниже теорему 1).

2. Обратимые сохраняющие меру преобразования интервала  $J$  ниже будут называться перестановками интервала  $J$ . Известно ([2], стр. 104), что если  $E$  и  $F$  — измеримые множества на интервале  $J$ , имеющие одну и ту же меру, то существует такая перестановка  $\omega$  интервала  $J$ , что  $\mu(\omega(E) \Delta F) = 0$  ( $\mu$  — мера Лебега;  $\Delta$  — знак симметрической разности множеств).

(<sup>1</sup> Если  $F$  — функция, то функция  $F^+$  определяется равенством  $F^+(x) = \max(0, F(x))$ ).



Если на интервале  $J$  задана измеримая функция  $f$ , то, следуя В. А. Рохлину [3], измеримую на  $J$  функцию  $\varphi$  будем называть метрически эквивалентной на  $J$  функции  $f$ , если существует такая перестановка  $\omega$  интервала  $J$ , что  $\varphi(x) = f[\omega(x)]$  почти всюду на  $J$ .

В дальнейшем множества, симметрическая разность которых имеет меру нуль, будут отождествляться. Отождествляться будут также функции, совпадающие почти всюду на множестве их определения.

Все функции, которые будут встречаться ниже, предполагаются периодическими с периодом  $2\pi$ .

**Теорема 1.** Пусть  $f \in L(0, 2\pi)$ . Для того чтобы  $\varphi \in L(0, 2\pi)$  для любой функции  $\varphi$ , метрически эквивалентной на  $(0, 2\pi)$  функции  $f$ , необходимо и достаточно выполнение условия

$$|f| \lg^+ |f| \in L(0, 2\pi). \quad (1)$$

**Доказательство.** Достаточность условия (1) непосредственно следует из упомянутой выше теоремы Зигмунда, ибо этому условию будет удовлетворять вместе с функцией  $f$  и любая функция  $\varphi$ , метрически эквивалентная ей на  $(0, 2\pi)$ .

Допустим теперь, что  $f$  не удовлетворяет условию (1). Не ограничивая общности, можно предположить, что

$$f^+ \lg^+ f^+ \notin L(0, 2\pi). \quad (2)$$

Пусть

$$E = \{x: x \in (0, 2\pi), f(x) \geq 0\}$$

и  $e$  — измеримое множество, удовлетворяющее условиям: на  $e$  функция  $f$  ограничена,  $e \subset E$  и  $0 < \mu e < \mu E$  (в силу (2)  $\mu E > 0$ ). Разобьем множество  $e$  на два измеримых множества  $e_1$  и  $e_2$  равной меры:  $e_1 \cup e_2 = e$ ,  $e_1 \cap e_2 = 0$ ,  $\mu e_1 = \mu e_2$ .

Положим  $\mu e_1 = \mu e_2 = \delta$  и  $\mu E = \alpha$ . Применяя утверждение, сформулированное в начале настоящего пункта, легко построить перестановку  $\omega$  интервала  $(0, 2\pi)$ , отображающую интервал  $(0, \delta)$  на  $e_1$ ,  $(\alpha - \delta, \alpha)$  — на  $e_2$ ,  $(\delta, \alpha - \delta)$  — на  $E - e$  и  $(\alpha, 2\pi)$  — на  $(0, 2\pi) - E$ .

Докажем, что  $\tilde{\varphi} \notin L(0, 2\pi)$ , где  $\varphi(x) = f[\omega(x)]$  при  $x \in (0, 2\pi)$ . Так как  $\varphi$  метрически эквивалентна на  $(0, 2\pi)$  функции  $f$ , то этим теорема будет доказана.

Функция  $\varphi^+$  ограничена на интервале  $(\alpha - \delta, 2\pi + \delta)$ . Отсюда и из принципа локализации Римана для сопряженных рядов ([1], стр. 92) легко получаем, что  $\tilde{\varphi}^+ \in L(y_1, y_2)$  для любого интервала  $(y_1, y_2)$ ,  $\alpha - \delta < y_1 < y_2 < 2\pi + \delta$ , т. е.  $\tilde{\varphi}^+ \in L(0, x_1)$  для любого  $x_1$ ,  $0 < x_1 < \delta$  и  $\varphi^+ \in L(x_2, 2\pi)$  для любого  $x_2$ ,  $\alpha - \delta < x_2 < 2\pi$ .

Так как  $\varphi^+$  метрически эквивалентна на  $(0, 2\pi)$  функции  $f^+$ , то из (2) и теоремы М. Рисса следует, что  $\tilde{\varphi}^+ \notin L(0, 2\pi)$ .

Следовательно,  $\tilde{\varphi}^+ \notin L(x_1, x_2)$  для любого интервала  $(x_1, x_2)$ ,  $0 < x_1 < \delta$ ,  $\alpha - \delta < x_2 < \alpha$ . Но  $\varphi^+(x) = \varphi(x)$ ,  $0 < x < \alpha$ . Применяя тот же принцип локализации, заключаем, что  $\tilde{\varphi} \notin L(x_1, x_2)$ ,  $0 < x_1 < \delta$ ,  $\alpha - \delta < x_2 < \alpha$ . Значит,  $\tilde{\varphi} \notin L(0, 2\pi)$ .

А. Зигмундом доказано также, что условие (1) достаточно для сходимости в смысле пространства  $L$  рядов  $\sigma(f)$  и  $\tilde{\sigma}(f)$  ([1], стр. 424;  $\sigma(f)$  — ряд Фурье для  $f$ , а  $\tilde{\sigma}(f)$  — сопряженный ряд к ряду  $\sigma(f)$ ). Отсюда и из доказанной теоремы непосредственно следует

**Теорема 2.** Пусть  $f \in L(0, 2\pi)$ . Для того чтобы ряды  $\sigma(\varphi)$  и  $\tilde{\sigma}(\varphi)$  сходились в смысле пространства  $L(0, 2\pi)$  для любой функции  $\varphi$ , метрически эквивалентной на  $(0, 2\pi)$  функции  $f$ , необходимо и достаточно, чтобы  $f$  удовлетворяла условию (1).

В заключение отметим, что вторая часть теоремы 1 (касающаяся необходимости условия (1)) может быть усилена. Именно справедливо следующее утверждение:

**Теорема 1'.** Пусть  $f \in L(0, 2\pi)$  и не удовлетворяет условию (1). Тогда для любого  $\varepsilon > 0$  существует такая перестановка  $\omega$  интервала  $(0, 2\pi)$ , что

$$\mu \{x: \omega(x) \neq x\} < \varepsilon,$$

и если  $\varphi(x) = f[\omega(x)]$  при  $x \in (0, 2\pi)$ , то  $\tilde{\varphi} \notin L(a, b)$  для любого интервала  $(a, b)$ .

Академия наук Грузинской ССР

Тбилисский математический

институт

им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 28.4.1965)

მათემატიკა

მ. წიგნითელი

შენიშვნა ზიგმუნდის ერთ თეორემაზე

რეზიუმე

სტატიაში დამტკიცებულია

თეორემა. ვთქვათ  $f$  არის  $(0, 2\pi)$  ინტერვალზე ჯამეზადი და  $2\pi$  პერიოდის მქონე ფუნქცია. აუცილებელი და საკმარისი პირობა იმისათვის, რომ  $\tilde{\varphi} \in L(0, 2\pi)$ , სადაც  $\varphi$  არის  $f$  ფუნქციის ნებისმიერი  $(0, 2\pi)$  ინტერვალზე მეტრულად ეკვივალენტური ფუნქცია (იხ. [3]) მდგომარეობს იმაში, რომ

$$|f| |g^+| |f| \in L(0, 2\pi).$$

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды, т. I. Изд. „Мир“, 1965.
2. П. Р. Халмош. Лекции по эргодической теории. ИЛ, 1959.
3. В. А. Рохлин. Метрическая классификация измеримых функций. УМН, 12, № 2, 1957, 169—174.

Г. С. ТАБИДЗЕ

## ОПЕРАТОРЫ ДЛЯ ОПИСАНИЯ АЛГОРИТМА ВЫДЕЛЕНИЯ НАЗВАНИЙ ОБЪЕКТОВ

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 29.5.1965)

Описание алгоритмов вообще и в частности алгоритма фиксации в тексте названий объектов, если ограничить его простым описанием и перечислением всех содержащихся в этих алгоритмах правил, с точки зрения понимания, распознавания и дальнейшего программирования довольно затруднительно.

Эта трудность связана, во-первых, с тем, что при таком описании часто нелегко бывает распознавать совершенно аналогичные процессы, описываемые разными в соответствии с требованиями решаемой задачи правилами. Во-вторых, логические связи между отдельными частями внутри разделов алгоритма и между его разделами часто оказываются трудноуловимыми.

С этой точки зрения, не теряя общего содержания метода решения, предложенного алгоритмом, важно каким-то образом указать на существующие сходные процессы. Естественно, при осуществлении машинного решения поставленной задачи внимание в первую очередь обращается на формальные стороны используемых правил.

Если временно игнорировать содержательную сторону разработанных правил, т. е. рассмотреть формально процессы, описываемые этими правилами, можно увидеть, что в любом алгоритме разные правила иногда описывают совершенно одинаковые процессы. Различия существуют между объектами, по отношению к которым осуществляются указанные процессы, а также между результатами, получаемыми в результате этих процессов.

В каждом разделе алгоритма выделяются стандартные процессы или акты, которые принято называть операторами<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Вообще это определение не является точным и окончательным, но для указанных ниже целей оно вполне достаточно. Более точное и всестороннее определение операторов для описания и программирования переводческих алгоритмов дано в работах О. С. Кулагиной [1, 2], в которых описаны 17 операторов, применяемых в основном для анализа научных текстов, и дана их группировка по признакам, ха-



Операторы должны быть такими, чтобы их можно было несколько видоизменять применительно к работе с тем или иным конкретным объектом, в том или ином порядке, т. е. должны обладать некоторым параметром (параметрами), которому (которым) можно придавать различные значения.

Прежде чем приступить к описанию в отдельности каждого оператора, применяемого для описания и программирования алгоритма фиксации и выделения в тексте названий объектов, укажем общие черты, характерные для всех операторов:

1. Каждый оператор имеет название.
2. Каждому оператору дается свой индивидуальный номер („вход“), по которому происходит обращение к данному оператору.
3. Все операторы имеют „выходы“. Под „выходом“ оператора понимается номер (номера) оператора, к которому следует переходить после его выполнения.
4. Для каждого оператора указывается его область применения, т. е. тип информации, которую он обрабатывает.

Таковыми типами информации могут быть:

1. Предложения (их номера в тексте).
2. Слова (основы).
3. Списки (таблицы). Список является упорядоченной совокупностью граф, содержащих перечень некоторых признаков, например перечень слов (коды слов) и др.
4. Набор признаков, которые приписываются:
  - а) к предложениям (фразам)—их номера в списке и т. д.;
  - б) к словам—их номера в предложениях или списках, номера и знаки стрелок, приписанные данному слову;
  - в) к спискам (таблицам)—их номера.

Перечисленные признаки располагаются в специальных линейных графах, имеющих следующий вид:

1. Для предложений:

№ предложения в списке (таблице)	Код предложения
$i$	$P$

характеризующим их применение. Попытку уточнить определения этих операторов сделал также И. А. Мельчук [3]. По мнению последнего, нужно различать операторы с точки зрения удобства программирования (программные операторы) и с точки зрения описания самого алгоритма (алгоритмические операторы). Рассмотренные нами ниже операторы удовлетворяют этим двум требованиям в пределах алгоритма фиксации названия объектов [4].

2. Для слов:

№ слова в списке (таблице)	Код слова	Знак	№ стрелки
$i$	$A$	"+" или "-"	$\gamma$

3. Для списков (таблиц):

№ списка (таблицы)	Вид списка
$i$	$S$ или $T$

Кодом предложения (фразы) будем считать его порядковый номер в тексте, а кодом слова—номер, соответствующий ему в словаре основ.

Каждому объекту обработки в ходе применения алгоритма присваивается номер (нижний индекс) в зависимости от вхождения его в тот или иной промежуточный или окончательный (результатирующий) список. Один и тот же объект на разных этапах может иметь разные номера, т. е. входить одновременно в разные списки (в качестве нижнего индекса берется порядковый номер обрабатываемого объекта в указанном списке; сами списки в ходе применения алгоритма тоже нумеруются). Например,  $\delta_i$ —слово, порядковый номер которого в каком-то списке равен  $i$ .

Отметим, что символу графы  $g$  будут присваиваться два индекса (верхний и нижний), указывающие соответственно на часть графы и на порядковый номер в списке. Например,  $g_i^j$ — $j$ -часть  $i$ -й графы.

Общие особенности операторов отражаются также в их символической записи. При этом будут применены следующие условные обозначения:

$P$ —предложение (фраза),

$\delta$ —слово (словоформа),

$\gamma$ —стрелка,

$\mu$ —знак (+ или -),

$g$ —графа,

$S$ —список,

$J$ —часть,

$n$ —номер,

$T$ —таблица.

Укажем порядок записи операторов:

1. Вход (номер) оператора.

2. Выход (помещается в скобках, а если их несколько, то они отделяются друг от друга запятыми).





3. Оператор (символ).

4. Объект обработки:

а) объект (символ);

б) линейно упорядоченная совокупность объектов, уточняющая обрабатываемый объект; эта совокупность имеет следующий вид:

$$a(a_n \cdots (a_3(a_2(a_1))) \cdots),$$

где каждый объект  $a_i$  содержится или приписан объекту  $a_{i+1}$ , а сам обрабатываемый объект  $a$  содержится или приписан  $a_1$ -му. Например,  $n(S_\mu(g_i^2(\delta)))$ —номер слова, записанного во второй части графы  $g_i$   $\mu$ -го списка.

5. Характер отношения (в нашем случае равенство обозначенное символом =).

6. Сопоставляемый объект (при операторах с условиями) или место направления действия (для безусловных операторов, например, оператор записи) с частями а) и б) пункта 4.

Примеры записи оператора полностью:

$$x(y, \zeta) \quad Q \quad \gamma(P_k(S_\mu(g_i^1))) = \gamma(T_\mu(g_i^1))$$

Эта символическая запись расшифровывается следующим образом: проверить, совпадает ли  $i$ -я стрелка  $k$ -го предложения со стрелкой, содержащейся в правой части  $i$ -й графы  $\mu$ -й таблицы; при совпадении передать управление оператору с номером („входом“)  $y$ , в противном случае—оператору с номером („входом“)  $\zeta$ .

$$x(y) \quad Z \quad \delta_i(S_\mu(g_i^1)) = g_i^2(S_k)$$

Эту запись нужно читать так: записать во вторую часть графы списка  $S_k$  слово  $\delta_i$  из первой части графы  $g_i$  таблицы  $S_\mu$ ; после этого перейти к выполнению оператора с номером („входом“)  $y$ .

Всего нами рассматриваются пять операторов, а именно: оператор подготовки, оператор поиска, оператор проверки, оператор записи, оператор стирания.

Опишем теперь каждый из этих операторов в отдельности.

### Оператор подготовки

1. Оператор применяется для подготовки параметров предыдущих операторов к их дальнейшему употреблению:

а) определяет направление действия оператора;

б) определяет шаг изменения конкретного параметра;

в) указывает предел изменения конкретного параметра (указывает вход оператора, параметр которого меняется).

2. Параметры оператора:

а) объекты изменения (слово, предложение, список и информации к ним);

- б) мера и шаг изменения (указать, насколько и до какого предела менять величину изменения);
- в) характер изменения (+ увеличение; — уменьшение).
3. Обозначение оператора  $\Pi$ ; за символом обозначения указываются объекты обработки.

4. Пример применения оператора подготовки  $\Pi$ :

$$x(y, z) \quad \Pi \quad n(P_k(\delta)) = +1 \quad N$$

В соответствии с этой записью требуется увеличить на единицу номер слова в  $k$ -м предложении до числа  $N$  ( $N$  является числом слов, содержащихся в данном предложении  $P_k$ ); передать управление оператору с номером  $y$ ; после выполнения переадресации  $N$  раз передать управление оператору с номером  $z$ .

### Оператор поиска

1. Оператор осуществляет поиск слов или предложений (кодов) при помощи особых перечней специально составленных слов или предложений (кодов). При необходимости, например, пользуясь списками, выделяем названия объектов типа  $N_I$  или  $N_{II}$ .

С помощью этого оператора, например, определяется вхождение обрабатываемого слова в группу имен типа  $N_I$  или  $N_{II}$  и осуществляется поиск таких имен в тексте.

Оператор поиска выполняет следующие действия:

- а) сравнивает табличный объект (слово или предложение) с текстовым;
- б) при совпадении передает управление какому-либо оператору (в зависимости от алгоритма);
- в) при несовпадении передает управление оператору  $\Pi$ .

Объектом данного оператора является только слово или предложение.

2. Оператор имеет следующие параметры:

- а) объекты поиска;
- б) место поиска (список, таблица, предложение);
- в) начало поиска (номер и часть графы или номер предложения).
3. Обозначение оператора  $R$ ; за символом обозначения указываются объекты обработки.

4. Пример:

$$x(y, z) \quad R \quad \delta_i(P_k) = \delta_k(S_j(g_k^2))$$

Эта запись говорит о том, что надо искать слово  $\delta_i$   $k$ -го предложения в списке  $S_j$ , начиная с первой части  $k$ -й графы; при положительном результате (совпадении) передать управление оператору с входом  $y$ , при отрицательном — оператору с входом  $z$ .

## Оператор проверки

1. Оператор определяет тип слова или предложения по приписанной к нему информации (признакам); производит по указанным признакам отождествление слов или предложений в данном тексте.

Оператор проверки осуществляет следующие действия:

- сравнивает признаки (отдельных слов, предложений) с табличными данными или же сравнивает признаки разных слов;
- при совпадении передает управление какому-либо оператору (в зависимости от алгоритма);
- при несовпадении передает управление оператору П.

Объектом данного оператора могут быть только указанные признаки.

2. Оператор имеет следующие параметры:

- объекты проверки;
- место проверки (указать список и часть графы этого списка, содержащую этот данный признак);
- начало поиска (номер графы).

3. Обозначение оператора  $Q$ ; за символом обозначения указывается объект обработки.

Примеры:

$$x(y, \zeta) \quad \varphi \quad \gamma(P_k(\delta_j)) = \gamma(T_D(g_i^1))$$

В соответствии с этой записью следует проверить у слова  $\delta_j$  предложения  $P_k$  наличие стрелки, содержащейся в первой части графы  $g_i^1$  таблицы  $T_D$ ; при положительном результате передать управление оператору с номером  $y$ ; при отрицательном—оператору с номером  $\zeta$ .

## Оператор записи

1. Оператор производит запись некоторых данных (начальные данные, слова или предложения с признаками или же результаты работы каких-либо разделов алгоритма) в определенное место. В частном случае оператор записывает нулевые значения.

Этот оператор является безусловным.

2. Оператор имеет следующие параметры:

- объект записи;
- место записи (список, таблица с указанием номера и части графы).

3. Обозначение оператора  $Z$ ; за символом обозначения пишется объект записи, а за знаком равенства—место записи.

4. Пример:

$$x(y) \quad Z \quad \delta_i(P_k) = g_i^1(S_\mu);$$

В соответствии с этой символической записью надо записать слово  $\delta_i$   $k$ -го предложения в первую часть  $i$ -й графы списка  $S_\mu$ ; передать управление оператору с входом  $y$ .

### Оператор стирания

1. Оператор производит запись нулевых значений в определенные места и тем самым стирает хранившиеся там значения.

Оператор является безусловным.

2. Оператору задаются следующие параметры:

а) объект стирания (слово или предложение с признаками, отдельные признаки);

б) место стирания (предложение, список с указанием части и номера графы).

3. Обозначение оператора  $O$ ; справа от символа обозначения задается нулевая функция (набор нулевых значений, например, нулевое слово); слева от знака равенства пишется объект стирания.

4. Пример:

$$x(y) \quad O \quad \varphi = \mu (P_k (\delta_i))$$

Здесь мы должны стереть знак слова  $\delta_i$ , содержащегося в предложении  $F_k$ ; передать управление оператору с входом  $y$ .

Тбилисский государственный  
 университет

(Поступило в редакцию 29.5.1965)

გამომცემი

ბ. ტაბიძე

ოპერატორები ობიექტის დასახელებათა გამოყოფის  
 ალგორითმის აღსაწერად

რეზიუმე

ჩაწერის ოპერატორული ფორმა წარმოადგენს ერთ-ერთ სისტემას სათარგმნი ალგორითმების აღსაწერად. აღნიშნული სისტემა ალგორითმების აღწერისას შემუშავებულ [1, 2, 3] და გამოყენებულ იქნა ო. კულაგინასა და ი. მელჩუკის მიერ ფრანგულ-რუსული და უნგრულ-რუსული სათარგმნი ალგორითმების აღსაწერად [5, 6, 7].

სტატიაში აღწერილია ოპერატორები, რომლებიც გამოიყენება ტექსტში აღწერილ ობიექტთა დასახელების გამოყოფის ალგორითმის აღსაწერად [4].

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. О. С. Кулагина. Об операторном описании алгоритмов перевода и автоматизации процесса их программирования. Проблемы кибернетики, вып. 2, 1959, 289—302.
2. О. С. Кулагина. Операторное описание алгоритмов перевода. МП и прикладная лингвистика, № 2 (9), 1959, 6—22.
3. И. А. Мельчук. О стандартных операторах для алгоритма автоматического анализа русского научного текста. Труды ИТМ и ВГ АН СССР, вып. 2, 1961, 85—135.
4. Г. С. Табидзе. Некоторые вопросы фиксации названий объектов. НТИ, № 2, 1964, 39—43.
5. О. С. Кулагина. О машинном переводе с французского языка на русский, 1. Проблемы кибернетики, вып. 3, 1960, 181—208.
6. О. С. Кулагина и И. А. Мельчук. Машинный перевод с французского языка на русский. Вопросы языкознания, № 5, 1956.
7. И. А. Мельчук. О машинном переводе с венгерского языка на русский. Проблемы кибернетики, вып. 1, 1958, 222—264.

А. Д. ШАТАШВИЛИ

АБСОЛЮТНАЯ НЕПРЕРЫВНОСТЬ ГАУССОВСКИХ МЕР  
 В НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Гокиели 20.5.1965)

В настоящей работе рассматривается абсолютная непрерывность мер, соответствующих гауссовским случайным величинам в конкретных гильбертовых пространствах при некоторых линейных преобразованиях этих случайных величин. При этом используется теорема работы [1] для каждого отдельного случая гауссовской случайной величины и выписываются плотности преобразованной меры относительно исходной и наоборот. Результаты, полученные здесь, являются непосредственным развитием результатов работы [1] и обобщением работы [2]. В работе использованы все обозначения и определения работы [1].

Пусть  $H$ —гильбертово пространство,  $\mathfrak{E}$ — $\sigma$ -алгебра его борелевских подмножеств,  $\{\Omega, \mathfrak{M}, P\}$ —некоторое вероятностное пространство. Случайной величиной со значениями в  $H$  будем называть измеримое отображение  $\xi(\omega)$   $\{\Omega, \mathfrak{M}, P\}$  в  $(H, \mathfrak{E})$ . На  $\sigma$ -алгебре  $\mathfrak{E}$  случайной величине  $\xi(\omega)$  соответствует мера  $\mu$ , определенная равенством

$$\mu(A) = P\{\omega: \xi(\omega) \in A\}, \quad (A \in \mathfrak{E}). \quad (0.1)$$

В настоящей работе будут рассмотрены лишь гауссовские случайные величины со значениями в  $H$  [1]. Пусть две гауссовские случайные величины  $\xi(\omega)$  и  $\eta(\omega)$  связаны соотношением

$$T\xi(\omega) = T\eta(\omega) = \eta(\omega) + a + L\eta(\omega), \quad (0.2)$$

где  $a$ —некоторый элемент  $H$ , а  $L$ —линейный оператор, отображающий  $H$  в  $H$ . Основная задача состоит в определении условий абсолютной непрерывности меры  $\mu_1$ , соответствующей гауссовской случайной величине  $\eta(\omega)$ , относительно меры  $\mu$ , соответствующей гауссовской случайной величине  $\xi(\omega)$ , в случае многомерных гауссовских процессов, гауссовских полей, многомерных гауссовских полей и гауссовских процессов в гильбертовом пространстве. Каждому из этих случаев посвящен соответственно отдельный параграф работы.

§ 1. Пусть  $H$ —гильбертово пространство элементов вида

$$x = (x_1(t), \dots, x_r(t)) \quad (1.1)$$

(т. е.  $r$ -мерных векторов), компоненты которого  $x_k(t)$  ( $k = 1, \dots, r$ ) определены на отрезке  $[0, T]$  и

$$\int_0^T x_k^2(t) dt < \infty \quad (k = 1, \dots, r). \quad (1.2)$$



Введем норму и скалярное произведение в  $H$  следующим образом:

$$\|x\|^2 = \sum_{k=1}^r \int_0^T x_k^2(t) dt, \quad (x, y) = \sum_{k=1}^r \int_0^T x_k(t) y_k(t) dt, \quad (1.3)$$

где  $y = (y_1(t), \dots, y_r(t))$ .

Пусть случайная величина  $\xi(\omega) \in H$  является гауссовской. Это означает, что она является  $r$ -мерным гауссовским процессом<sup>(1)</sup>

$$\xi(\omega) = (\xi_1(t), \dots, \xi_r(t)). \quad (1.4)$$

Из определения нормы условия ( $M$ —математическое ожидание)

$$M \|\xi\|^2 < \infty \quad \text{и} \quad \sum_{k=1}^r \int_0^T M \xi_k^2(t) dt < \infty \quad (1.5)$$

равносильны и предполагается, что они выполняются.

Ниже всюду будем считать, что (не ограничивая общности)  $M\xi = 0$ .

Из определения корреляционного оператора  $R$  и скалярного произведения для любых  $x, y \in H$

$$(Rx, y) = \sum_{i,j=1}^r \int_0^T \int_0^T R_{ij}(t, s) x_i(s) y_j(t) dt ds, \quad (1.6)$$

где  $R_{ij}(t, s) = M \xi_i(t) \xi_j(s)$  ( $i, j = 1, \dots, r$ ), а функции  $R_{ij}(t, s)$  ( $i, j = 1, \dots, r$ ) определены и интегрируемы с квадратом в  $[0, T] \times [0, T]$ .

Отсюда видно, что каждому линейному оператору в  $H$  соответствует квадратная  $r$ -мерная матрица функций, определенных в  $[0, T] \times [0, T]$ , и если они интегрируемы с квадратом в  $[0, T] \times [0, T]$ , то такие линейные операторы ограничены по норме. Поэтому,  $\|R\| < \infty$ . Далее, легко видеть, что если  $x, y \in H$  и  $L$ —линейный оператор, действующий в  $H$ :  $L = \{L_{ij}(t, s)\}_{i,j=1, \dots, r}$ , то уравнение  $y = Lx$  равносильно  $r$  уравнениям вида

$$y_k(t) = \sum_{i=1}^r \int_0^T L_{ki}(t, s) x_i(s) ds \quad (k = 1, \dots, r), \quad (1.7)$$

и если рассматриваются три линейных оператора в  $H$ :  $R, L$  и  $K$ , связанных соотношением  $L = RK$ , то это соотношение записывается в виде

$$L_{ij}(t, s) = \sum_{k=1}^r \int_0^T R_{ik}(t, u) K_{kj}(u, s) du \quad (i, j = 1, \dots, r), \quad (1.8)$$

$$R = \{R_{ik}(t, u)\}_{i,k=1, \dots, r}; \quad K = \{K_{kj}(u, s)\}_{k,j=1, \dots, r}$$

(символ  $\{\dots\}_{i,j=1, \dots, r}$  условно обозначает  $r$ -мерную матрицу). Легко видеть также, что

$$\text{Sp} L = \sum_{k=1}^r \int_0^T L_{kk}(t, t) dt, \quad \text{и} \quad \text{Sp} L^{(v)} = \sum_{k=1}^r \int_0^T L_{kk}^{(v)}(t, t) dt, \quad (1.9)$$

<sup>(1)</sup> В дальнейшем аргумент  $\omega$  будет опускаться.

где

$$L_{ij}^{(r)}(t, s) = \sum_{k=1}^r \int_0^T L_{ik}^{(r-1)}(t, u) L_{kj}(u, s) du \quad (i, j = 1, \dots, r). \quad (1.10)$$

Основной результат настоящего параграфа можно сформулировать в следующем виде:

**Теорема 1.** Пусть две гауссовские случайные величины  $\xi(\omega)$  и  $\eta(\omega)$ , принадлежащие  $H$ , связаны между собой линейным преобразованием вида (0,2), где  $L = \{L_{ij}(t, s)\}_{i,j=1, \dots, r}$ . Предположим:

1. Существует линейный оператор  $K = \{K_{ij}(t, s)\}_{i,j=1, \dots, r}$ , удовлетворяющий условиям

$$\int_0^T \int_0^T K_{ij}^2(t, s) dt ds < \infty \quad (i, j = 1, \dots, r), \quad (1.11)$$

такой, что

$$L_{ij}(t, s) = \sum_{v=1}^r \int_0^T R_{iv}(t, u) K_{jv}(u, s) du \quad (i, j = 1, \dots, r). \quad (1.12)$$

2. Компоненты элемента  $a = (a_1(t), \dots, a_r(t))$  удовлетворяют условиям

$$a_i(t) = \sum_{j=1}^r \int_0^T R_{ij}(t, s) b_j(s) ds \quad (i = 1, \dots, r), \quad (1.13)$$

где  $b = (b_1(t), \dots, b_r(t)) \in H$ .

3. Определитель

$$D = 1 + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m!} \sum_{k_1=1}^r \dots \sum_{k_m=1}^r \underbrace{\int_0^T \dots \int_0^T}_{m} \begin{vmatrix} L_{k_1 k_1}(s_1, s_1), \dots, L_{k_m k_m}(s_1, s_m) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ L_{k_1 k_1}(s_m, s_1), \dots, L_{k_m k_m}(s_m, s_m) \end{vmatrix} \times \times ds_1, \dots, ds_m \neq 0. \quad (1.14)$$

Тогда мера  $\mu_1$ , соответствующая  $\eta(\omega)$ , абсолютно непрерывна относительно меры  $\mu$ , соответствующей  $\xi(\omega)$ , и

$$\frac{d\mu_1}{d\mu} [\xi] = |D| \exp \{-\Psi[\xi]\}, \quad (1.15)$$

где

$$\Psi[\xi] = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \int_0^T a_i(t) b_i(t) dt + \sum_{i=1}^r \int_0^T \xi_i(t) b_i(t) dt + + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \int_0^T \int_0^T L_{ij}(t, s) \xi_j(s) b_i(t) ds dt +$$





$$\begin{aligned}
 & + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \int_0^T \int_0^T K_{ij}(t, s) \xi_i(t) \xi_j(s) dt ds + \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{\nu=1}^r \int_0^T \int_0^T \int_0^T L_{i\nu}(t, u) K_{ij}(t, v) \xi_\nu(u) \xi_j(v) dt du dv.
 \end{aligned} \tag{1.16}$$

§ 2. Пусть  $H$ —гильбертово пространство элементов вида  $x = x(\alpha)$ , где  $\alpha$  принадлежит некоторому множеству  $G: \alpha \in G$  с мерой  $m(d\alpha)$ . Норму и скалярное произведение в  $H$  введем следующим образом:

$$\|x\|^2 = \int_G x^2(\alpha) m(d\alpha), \quad (x, y) = \int_G x(\alpha) y(\alpha) m(d\alpha). \tag{2.1}$$

Пусть случайная функция  $\xi = \xi(\alpha) \in H$  является гауссовской. Из определения нормы (2.1) условия

$$M \|\xi\|^2 < \infty \quad \text{и} \quad \int_G M \xi^2(\alpha) m(d\alpha) < \infty \tag{2.2}$$

равносильны и считаем, что они выполняются. В силу определения корреляционного оператора  $R$  и скалярного произведения для любых  $x, y \in H$

$$(Rx, y) = \int_G \int_G R(\alpha, \beta) x(\beta) y(\alpha) m(d\alpha) m(d\beta), \tag{2.3}$$

где  $R(\alpha, \beta) = M \xi(\alpha) \xi(\beta)$ . Определим линейный оператор  $L$  в  $H$  следующим образом: для любого  $x \in H$

$$Lx = \int_G L(\alpha, \beta) x(\beta) m(d\beta), \tag{2.4}$$

где  $L(\alpha, \beta)$ —некоторая функция, определенная на  $G \times G$ . Отсюда следует, что любому линейному оператору  $L$  в  $H$  соответствует некоторая функция  $L(\alpha, \beta)$ , определенная на  $G \times G$ , и если

$$\int_G \int_G L^2(\alpha, \beta) m(d\alpha) m(d\beta) < \infty, \tag{2.5}$$

то  $\|L\| < \infty$ . Тогда очевидно, что  $\|R\| < \infty$ . Кроме того, легко видеть, что для любых трех линейных операторов  $L, R$  и  $K$  соотношение  $L=RK$  можно записать в виде

$$L(\alpha, \beta) = \int_G R(\alpha, \gamma) K(\gamma, \beta) m(d\gamma). \tag{2.6}$$

Легко видеть также, что

$$\text{Sp } L = \int_G L(\alpha, \alpha) m(d\alpha) \quad \text{и} \quad \text{Sp } L^{(\nu)} = \int_G L^{(\nu)}(\alpha, \alpha) m(d\alpha), \tag{2.7}$$

где  $L^{(\nu)}(\alpha, \alpha)$ — $\nu$ -я „итерация“ ядра  $L(\alpha, \alpha)$ .

Основной результат настоящего параграфа можно сформулировать в следующем виде:

**Теорема 2.** Пусть две гауссовские случайные функции  $\xi(\alpha)$  и  $\eta(\alpha)$ , принадлежащие  $H$ , связаны соотношением

$$\xi(\alpha) = T\eta(\alpha) = \eta(\alpha) + a(\alpha) + \int_G L(\alpha, \beta) \eta(\beta) m(d\beta). \quad (2.8)$$

Предположим:

1. Существует функция  $K(\alpha, \beta)$ , определенная на  $G \times G$  и удовлетворяющая условию

$$\int_G \int_G K^2(\alpha, \beta) m(d\alpha) m(d\beta) < \infty, \quad (2.9)$$

такая, что

$$L(\alpha, \beta) = \int_G R(\alpha, \gamma) K(\gamma, \beta) m(d\gamma). \quad (2.10)$$

2. Элемент  $a(\alpha) \in H$  удовлетворяет условию

$$a(\alpha) = \int_G R(\alpha, \beta) b(\beta) m(d\beta), \quad (b(\beta) \in H). \quad (2.11)$$

3. Определитель

$$D = I + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m!} \underbrace{\int_G \dots \int_G}_m \begin{vmatrix} L(\alpha_1, \alpha_1), \dots, L(\alpha_1, \alpha_m) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ L(\alpha_m, \alpha_1), \dots, L(\alpha_m, \alpha_m) \end{vmatrix} m(d\alpha_1) \dots m(d\alpha_m) \neq 0. \quad (2.12)$$

Тогда мера  $\mu_1$ , соответствующая  $\eta(\alpha)$ , абсолютно непрерывна относительно меры  $\mu$ , соответствующей  $\xi(\alpha)$ , и

$$\frac{d\mu_1}{d\mu} [\xi] = |D| \exp \{-\Psi[\xi]\}, \quad (2.13)$$

где

$$\begin{aligned} \Psi[\xi] = & \frac{1}{2} \int_G a(\alpha) b(\alpha) m(d\alpha) + \int_G \xi(\alpha) b(\alpha) m(d\alpha) + \\ & + \int_G \int_G L(\alpha, \beta) b(\alpha) \xi(\beta) m(d\alpha) m(d\beta) + \\ & + \int_G \int_G K(\alpha, \beta) \xi(\alpha) \xi(\beta) m(d\alpha) m(d\beta) + \\ & + \int_G \int_G \int_G L(\gamma, \alpha) K(\gamma, \beta) \xi(\alpha) \xi(\beta) m(d\alpha) m(d\beta) m(d\gamma). \end{aligned} \quad (2.14)$$

§ 3. Пусть  $H$  — гильбертово пространство элементов вида

$$x = (x_1(\alpha), \dots, x_r(\alpha)) \quad (3.1)$$

и  $x_k(\alpha)$  ( $k = 1, \dots, r$ ) определены на некоторой области  $G$  с мерой  $m(d\alpha)$  и интегрируемы с квадратом по мере  $m(d\alpha)$  на области  $G$ .



Введем норму и скалярное произведение в  $H$  аналогично формулам (1.3), только здесь интегрирование происходит по мере  $m(d\alpha)$  на множестве  $G$ . Рассуждая аналогично § 1—2, имеем следующую теорему:

**Теорема 3.** Пусть две гауссовские случайные функции  $\xi(\omega)$  и  $\eta(\omega)$ , принадлежащие  $H$ , связаны между собой линейным преобразованием вида (0.2), где  $L = \{L_{ij}(\alpha, \beta)\}_{i, j=1, \dots, r}$  и функции  $L_{ij}(\alpha, \beta)$  ( $i, j = 1, \dots, r$ ) определены на  $G \times G$ . Предположим:

1. Существует линейный оператор  $K = \{K_{ij}(\alpha, \beta)\}_{i, j=1, \dots, r}$  ( $K_{ij}(\alpha, \beta)$  ( $i, j = 1, \dots, r$ ) определены на  $G \times G$ ), удовлетворяющий условиям, аналогичным (2.9) для всех ( $i, j = 1, \dots, r$ ), такой, что

$$L_{ij}(\alpha, \beta) = \sum_{\gamma=1}^r \int_G R_{i\gamma}(\alpha, \gamma) K_{\gamma j}(\gamma, \beta) m(d\gamma) \quad (i, j = 1, \dots, r), \quad (3.2)$$

где  $R_{ij}(\alpha, \beta) = M \xi_i(\alpha) \xi_j(\beta)$  ( $i, j = 1, \dots, r$ ).

2. Компоненты элемента  $a = (a_1(\alpha), \dots, a_r(\alpha)) \in H$  удовлетворяют условиям

$$a_i(\alpha) = \sum_{j=1}^r \int_G R_{ij}(\alpha, \beta) b_j(\beta) m(d\beta) \quad (i = 1, \dots, r), \quad (3.3)$$

где  $b = (b_1(\alpha), \dots, b_r(\alpha)) \in H$ .

3. Определитель  $D$  отличен от нуля, где выражение  $D$  совпадает с выражением (1.14), только здесь интегрируется по мере  $m(d\alpha)$  на множестве  $G$ .

Тогда мера  $\mu_1$ , соответствующая  $\eta(\omega)$ , абсолютно непрерывна относительно меры  $\mu$ , соответствующей  $\xi(\omega)$ , и

$$\frac{d\mu_1}{d\mu} [\xi] = |D| \exp \{-\Psi[\xi]\}, \quad (3.4)$$

где выражение  $\Psi(\xi)$  совпадает с выражением (1.16), только здесь интегрирования происходят по мере  $m(d\alpha)$  на множестве  $G$ .

§ 4. Рассмотрим теперь гауссовский случайный процесс  $\xi(t)$ , определенный на  $[0, T]$  и принимающий при каждом  $t \in [0, T]$  значения из гильбертова пространства  $H$ , и предположим, что  $M \xi(t) = 0$ . Обозначим через  $L_2[[0, T], H]$  пространство функций  $x(t)$ , определенных на  $[0, T]$ , принимающих свои значения из  $H$  и удовлетворяющих неравенству

$$\int_0^T \|x(t)\|^2 dt < \infty \quad (4.1)$$

(символ  $\|\cdot\|$  обозначает норму в  $H$ ). Введем в  $L_2[[0, T], H]$  скалярное произведение: для любых  $x(\cdot), y(\cdot) \in L_2[[0, T], H]$

$$(x(\cdot), y(\cdot)) = \int_0^T (x(t), y(t))_H dt, \quad (4.2)$$

где  $(x, y)_H$  — скалярное произведение в  $H$ . Пусть теперь

$$\xi(t) = a(t) + \eta(t) + \int_0^T L(t, s) \xi(s) ds, \quad (4.3)$$

где  $a(t) \in L_2\{[0, T], H\}$ , а  $L(t, s)$  при каждом  $t$  и каждом  $s$  из  $[0, T]$  является линейным оператором в  $H$ . Обозначим через  $R(t, s)$  корреляционный оператор процесса  $\xi(t)$ :

$$(R(t, s)x, y)_H = M(\xi(t), x)_H (\xi(t), y)_H. \quad (4.4)$$

Имеем следующую теорему:

**Теорема 4.** Пусть два случайных гауссовских процесса  $\xi(t)$  и  $\eta(t)$  пространства  $L_2\{[0, T], H\}$  связаны между собой преобразованием вида (4.3). Предположим:

1. При каждом  $t$  и каждом  $s$  из  $[0, T]$  существует линейный оператор  $K(t, s)$ , удовлетворяющий условию

$$\int_0^T \int_0^T \|K(t, s)\|^2 dt ds < \infty, \quad (4.5)$$

такой, что

$$L(t, s) = \int_0^T R(t, u) K(u, s) du. \quad (4.6)$$

2. Существует элемент  $b(t) \in L_2\{[0, T], H\}$  такой, что

$$a(t) = \int_0^T R(t, u) b(u) du. \quad (4.7)$$

3. Выполняется условие

$$D = 1 + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m!} \sum_{\sigma_m} \varepsilon(\sigma_m) \prod_{\nu=1}^m \left[ \int_0^T \text{Sp } L^{(\nu)}(u, u) du \right]^{l_\nu(\sigma_m)} \neq 0, \quad (4.8)$$

где  $L^{(\nu)}(u, u)$  —  $\nu$ -я «итерация» ядра  $L(u, u)$ <sup>(1)</sup>.

Тогда мера  $\mu_\eta$ , соответствующая процессу  $\eta(t)$ , абсолютно непрерывна относительно меры  $\mu_\xi$ , соответствующей процессу  $\xi(t)$ , и

$$\frac{d\mu_\eta}{d\mu_\xi}[\xi] = |D| \exp\{-\Psi[\xi]\}, \quad (4.9)$$

где

$$\begin{aligned} \Psi[\xi] = & \frac{1}{2} \int_0^T (a(t), b(t))_H dt + \int_0^T (\xi(t), b(t))_H dt + \\ & + \int_0^T \int_0^T (L(t, s) \xi(s), b(t))_H dt ds + \int_0^T \int_0^T (K(t, s) \xi(s), \xi(t))_H dt ds + \\ & + \frac{1}{2} \int_0^T \int_0^T \int_0^T (L(t, u) \xi(u), K(t, v) \xi(v))_H dt dv du. \end{aligned} \quad (4.10)$$

(<sup>1</sup> Определение  $\sigma_m$ ,  $\varepsilon(\sigma_m)$ ,  $l_\nu(\sigma_m)$  и  $\text{Sp}$  см. в работе [1].

§ 5. В теореме, сформулированной в работе [1], основным условием для абсолютной непрерывности мер является условие (см. [1])

$$L = RK, \quad (5.1)$$

где оператор  $K$  предполагается ограниченным. Если существует такой оператор  $K$ , удовлетворяющий условию (5.1), то тогда плотность преобразованной меры относительно исходной выписывается в явном виде, и наоборот [1]. Но найти оператор  $K$ , который удовлетворяет условию (5.1), не всегда удается. Иногда интересен сам факт абсолютной непрерывности мер, а не плотность одной меры относительно другой.

Поэтому, естественно, ставится вопрос о существовании оператора  $K$ , удовлетворяющего условию (5.1), чтобы применять теорему работы [1]. С этой целью предлагаются следующие две теоремы:

*Теорема 5. Для существования ограниченного оператора  $K$ , удовлетворяющего условию (5.1), необходимо и достаточно, чтобы для любых  $x$  и  $y \in H$  выполнялось условие*

$$(Lx, y) \cong \alpha \|Ry\| \|x\|, \quad (5.2)$$

где  $\alpha$  — некоторая положительная постоянная.

*Теорема 6. Для существования ограниченного оператора  $K$ , удовлетворяющего условию (5.1), достаточно, чтобы при некотором  $\alpha > 0$  оператор  $\alpha^2 R^2 - LL^*$  ( $L^*$  — оператор, сопряженный с оператором  $L$ ) был положительно определен, т. е. для любых  $x$  и  $y \in H$*

$$([\alpha^2 R^2 - LL^*] x, y) \cong 0. \quad (5.3)$$

Академия наук Грузинской ССР

Вычислительный центр

Тбилиси

(Поступило в редакцию 20.5.1965)

მათემატიკა

ა. შატაშვილი

ბაუსის ზომების აბსოლუტური უწყვეტობა ზომების

ფუნქციონალურ სივრცეებში

რეზიუმე

შრომაში განხილულია ზომები, რომლებიც შეესაბამებიან ვექტორულ გაუსის პროცესს, გაუსის ველს, გაუსის ვექტორულ ველსა და გაუსის პროცესს ჰილბერტის სივრცეში. მიღებულია პირობები მათი აბსოლუტურად უწყვეტობისათვის (0.2) გარდაქმნის შემთხვევაში. გარდა ამისა, ცხადი სახით ამოწერილია გარდაქმნილი ზომების სიმკვრივეები წინასწარ აღებული ზომების მიმართ და პირიქით.

საბოლოო ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Баклан и А. Д. Шаташвили. Условия абсолютной непрерывности вероятностных мер, отвечающих гауссовским случайным величинам в гильбертовом пространстве. ДАН УССР, 1, 1965.
2. А. Д. Шаташвили. Об абсолютной непрерывности гауссовских мер при линейных преобразованиях. Труды Вычислительного центра АН ГССР, 3, 1963.

И. А. ТОРОШЕЛИДЗЕ

ОБ АСИМПТОТИЧЕСКОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ РЕШЕНИЙ  
НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ НЕЛИНЕЙНЫХ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 23.12.1965)

1. В настоящей работе мы рассматриваем следующую систему нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\frac{d\xi}{dx} = A(x)\xi + f(x, \xi), \quad (1)$$

где  $A(x)$  — функциональная матрица порядка  $n$ , определенная в промежутке  $0 \leq x < \infty$ , элементы которой — функции, суммируемые на каждом конечном отрезке указанного промежутка, а  $f(x, \xi)$  — вектор-функция порядка  $n$ , которая удовлетворяет условиям Каратеодори в каждом конечном прямоугольнике области  $0 \leq x < \infty$ ,  $||\xi|| < \infty^{(1)}$ .

Наша цель — установить достаточные условия существования таких решений уравнения (1), которые при больших значениях  $x$  „мало“ отклонены от решений уравнения

$$\frac{d\zeta}{dx} = A(x)\zeta. \quad (2)$$

Случай  $f(x, \xi) = B(x)\xi$  рассматривался многими авторами [1 — 3], а случай  $A(x) = \text{const}$  изучен Д. М. Гробманом [4 — 6] и В.Я. Якубовичем [7].

2. Пусть

$$\zeta_1(x), \zeta_2(x), \dots, \zeta_n(x) \quad (3)$$

является некоторой фундаментальной системой решений уравнения (2).

Фундаментальную матрицу, соответствующую фундаментальной системе (3), будем обозначать через  $Z(x)$ . Кроме того, будем пользоваться следующими обозначениями:

$$K(x, \zeta) = Z(x)Z^{-1}(t)$$

(<sup>1</sup> Если  $\zeta$  — некоторый вектор, а  $Z$  — матрица, то через  $||\zeta||$  и  $||Z||$  соответственно мы обозначаем сумму модулей их элементов.



и

$$\sigma(x) = \prod_{j=1}^n \|\zeta_j(x)\| \exp \left( \int_0^x \text{Sp } A(t) dt \right). \quad (4)$$

Определение 1. Скажем, что система (3) удовлетворяет условию  $(L_k)$ , если найдется такой номер  $k$ ,  $1 \leq k \leq n$ , что при каждом  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) выполняется либо условие

$$W_{jk}(x, 0) \rightarrow 0 \text{ при } x \rightarrow \infty \text{ и } W_{jk}(x, t) \leq \eta \text{ при } x \geq t \geq 0,$$

либо условие

$$W_{jk}(x, t) \geq \frac{1}{\eta} \text{ при } x \geq t \geq 0,$$

где  $\eta$  — некоторое положительное число, а  $W_{jk}(x, t)$  определяется равенством

$$W_{jk}(x, t) = \frac{\|\zeta_j(x)\|}{\|\zeta_j(t)\|} \left[ \frac{\|\zeta_k(x)\|}{\|\zeta_k(t)\|} \right]^{-1}.$$

Определение 2. Если система (3) при каждом  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) удовлетворяет условию  $(L_k)$  и, кроме того, функция  $\sigma(x)$ , определенная равенством (4), ограничена в промежутке  $[0, \infty)$ , то скажем, что система (3) удовлетворяет условию  $(L)$ .

Определение 3. Скажем, что уравнение (2) удовлетворяет условию  $(L)$ , если найдется действительная фундаментальная система этого уравнения, удовлетворяющая условию  $(L)$ .

Справедливы следующие предложения.

Лемма 1. Если система (3) удовлетворяет условию  $(L_k)$ , то найдутся такие матрицы  $K^{(1)}(x, t)$  и  $K^{(2)}(x, t)$ , что

$$K(x, t) = K^{(1)}(x, t) + K^{(2)}(x, t), \quad \frac{\partial K^{(j)}(x, t)}{\partial x} = A(x) K^{(j)}(x, t) \quad (j = 1, 2)$$

и

$$\|K^{(j)}(x, t)\| / \|\zeta_k(x)\| \leq W_j(x, t) \sigma(t) / \|\zeta_k(t)\| \quad (j = 1, 2), \quad (5)$$

где  $W_j(x, t)$  ( $j = 1, 2$ ) — функции, непрерывные в области  $x \geq t \geq 0$ , при этом

$$W_1(x, t) \leq m \text{ при } x \geq t \geq 0, \quad W_2(x, t) \leq m \text{ при } t \geq x \geq 0 \quad (6)$$

и в любом конечном промежутке  $0 \leq t \leq T$  равномерно относительно  $t$  выполняется условие

$$\lim_{x \rightarrow \infty} W_1(x, t) = 0.$$

Лемма 2. Если система (3) удовлетворяет условию (L), то найдется такая постоянная  $m$ , что

$$||K(x, t)|| / ||Z(x)|| \leq m / ||Z(t)|| \quad \text{при } x \geq t \geq 0. \quad (8)$$

Лемма 3. Если система (3) удовлетворяет условию (L), то,

каково бы ни было нетривиальное решение  $\tilde{z}_0(x) = \sum_{j=1}^n c_j z_j(x)$  уравнения (2), найдется такой номер  $e$ , что  $c_e \neq 0$  и

$$|c_k| ||z_j(x)|| \leq \delta_1 ||z_e(x)||, \quad \delta_2 \leq ||\tilde{z}_0(x)|| / ||z_e(x)|| \leq \delta_1,$$

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  — положительные постоянные.

Лемма 3'. Если уравнение (2) удовлетворяет условию (L), то, каково бы ни было действительное нетривиальное решение  $\tilde{z}_0(x)$  уравнения (2), всегда найдется действительная фундаментальная система этого уравнения, содержащая  $\tilde{z}_0(x)$  и удовлетворяющая условию (L).

Лемма 4. Если система (3) удовлетворяет условию (L), то всякая система функций  $\xi_1(x), \xi_2(x), \dots, \xi_n(x)$ , удовлетворяющая условию

$$||\xi_j(x) - z_j(x)|| / ||z_j(x)|| \rightarrow 0 \quad \text{при } x \rightarrow \infty,$$

линейно независима в промежутке  $[0, \infty)$ .

Приведем примеры дифференциальных уравнений, удовлетворяющих условию (L). С этой целью придется ввести

Определение 4. Пусть  $\lambda_j(x)$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) — скалярные (вообще комплексные) функции, определенные в промежутке  $[0, \infty)$ . Скажем, что эти функции удовлетворяют условию (M), если при всех  $j$  и  $k$  выполняется либо условие

$$\int_0^{\infty} \operatorname{Re} [\lambda_j(\tau) - \lambda_k(\tau)] d\tau = -\infty \quad \text{и} \quad \int_t^x \operatorname{Re} [\lambda_j(\tau) - \lambda_k(\tau)] d\tau \leq \eta$$

$$\text{при } x \geq t \geq 0,$$

либо условие

$$\int_t^x \operatorname{Re} [\lambda_j(\tau) - \lambda_k(\tau)] d\tau \leq -\eta \quad \text{при } x \geq t \geq 0,$$

где  $\eta$  — положительная постоянная.

Легко убедиться, что если  $A(x)$  — диагональная матрица с диагональными элементами  $\lambda_j(x)$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), являющимися действительными функциями, удовлетворяющими условию (M), то уравнение (2) удовлетворяет условию (L).





Используя одну из теорем об асимптотическом поведении решений линейных дифференциальных уравнений ([2], стр. 103 — 110), можно показать, что если  $A(x) = A_0(x) + B(x)$ , где

$$\int_0^{\infty} \|A_0'(x)\| dx < \infty, \quad \int_0^{\infty} \|B(x)\| dx < \infty,$$

матрица  $A_0 = \lim_{x \rightarrow \infty} A_0(x)$  имеет лишь простые характеристические корни и, кроме того, характеристические корни  $\lambda_j(x)$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) матрицы  $A_0(x)$  удовлетворяют условию (M), то уравнение (2) удовлетворяет условию (L).

Введем

Определение 5. Любое нетривиальное решение  $\xi(x)$  уравнения (1) назовем решением типа (J), если

$$\xi(x) = \zeta(x) + o(\|\zeta(x)\|) \text{ при } x \rightarrow \infty, \quad (9)$$

где  $\zeta(x)$  — некоторое нетривиальное решение уравнения (2). Уравнение (1) назовем уравнением типа (J<sub>0</sub>), если любое решение этого уравнения с достаточно малыми начальными значениями является решением типа (J), и назовем уравнением типа (J); если каждое его решение — решение типа (J).

Теорема 1. Пусть (3) — фундаментальная система решений уравнения (2), удовлетворяющая условию (L<sub>k</sub>). Если

$$\sigma(x) \|f(x, \|\zeta_k(x)\|y)\| \equiv \|\zeta_k(x)\| \psi(x, \|y\|) \text{ при } x \geq 0, \|y\| < \infty, \quad (10)$$

где функция  $\sigma(x)$  определена равенством (4), а  $\psi(x, \rho)$  удовлетворяет условиям Каратеодори в любом конечном прямоугольнике области  $0 \leq x < \infty, 0 \leq \rho < \infty$ , не убывает по  $\rho$  и при каждом фиксированном  $\rho$  имеем

$$\int_0^{\infty} \psi(x, \rho) dx < \infty, \quad (11)$$

тогда для каждой постоянной  $c$  найдется такое решение  $\xi(x)$  уравнения (2), что

$$\xi(x) = c\zeta_k(x) + o(\|\zeta_k(x)\|) \text{ при } x \rightarrow \infty. \quad (12)$$

(<sup>1</sup> Под  $o(\|\zeta(x)\|)$  понимаем  $n$ -мерную вектор-функцию, удовлетворяющую условию  $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\|o(\|\zeta(x)\|)\|}{\|\zeta(x)\|} = 0$ .)

Доказательство. Опираясь на лемму 1 и на условия (10) и (11), можно показать, что интегральное уравнение

$$y(x) = \int_a^x G_1(x, t, y(t)) dt + \int_x^\infty G_2(x, t, y(t)) dt, \quad (13)$$

где  $a$  — достаточно большое число, а

$$G_j(x, t, y) = (-1)^{j-1} K^{(j)}(x, t) f(t, \|\tilde{\chi}_k(t)\| + c \chi_k(t)) / \|\tilde{\chi}_k(x)\| \\ (j = 1, 2) \quad (14)$$

удовлетворяет условиям теоремы, доказанной в работе [8], и, следовательно, имеет хотя бы одно решение.

Учитывая условия (5), (6), (7), (10), (11) и (14), из (13) получаем, что  $\|y(x)\| \rightarrow 0$  при  $x \rightarrow \infty$  и, следовательно, функция  $\xi(x) = c \chi_k(x) + \|\tilde{\chi}_k(x)\| y(x)$ , являющаяся решением дифференциального уравнения (1), имеет вид (12).

Учитывая лемму 3', легко заключаем, что из доказанной теоремы вытекает

Следствие. Если уравнение (2) удовлетворяет условию (L) и для некоторого нетривиального решения  $\chi(x)$  этого уравнения соблюдается условие

$$f(x, \|\chi(x)\| y) \cong \psi(x, \|y\|) \|\chi(x)\| \quad \text{при } x \cong 0, \|y\| < \infty,$$

где  $\psi(x, \rho)$  удовлетворяет условиям теоремы 1, то найдется такое решение  $\xi(x)$  уравнения (1), которое имеет вид (9).

Теорема 2. Если уравнение (2) удовлетворяет условию (L) и

$$f(x, \xi) = B(x) \xi, \quad \int_0^\infty \|B(x)\| dx < \infty, \quad (15)$$

то уравнение (1) есть типа (Л).

Доказательство. Пусть (3) — некоторое фундаментальное решение уравнения (2), удовлетворяющее условию (L). Тогда в силу условий (15) легко убедиться, что для каждого решения  $\chi_k(x)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) соблюдаются условия теоремы 1. Поэтому найдется такая система решений  $\xi_k(x)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) уравнения (1), что

$$\xi_k(x) = \chi_k(x) + o(\|\chi_k(x)\|) \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad \text{при } x \rightarrow \infty. \quad (16)$$

В силу леммы 4 очевидно, что система  $\xi_k(x)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) будет фундаментальной. Поэтому, опираясь на лемму 3, из равенства (16) легко заключаем, что любое нетривиальное решение  $\xi(x)$  уравнения (1) имеет вид (9).



Теорема 3. Пусть уравнение (2) удовлетворяет условию (L) и для некоторой фундаментальной матрицы  $Z(x)$  этого уравнения соблюдается условие

$$||f(x, ||Z(x)|||y)|| \equiv \psi(x)|y| ||Z(x)||$$

при

$$0 \leq x < \infty, ||y|| \leq \delta, \quad (17)$$

где  $0 < \delta \leq \infty$ , а  $\psi(x)$  удовлетворяет условию

$$\int_0^{\infty} \psi(x) dx < \infty. \quad (18)$$

Если, кроме того, уравнение (1) при нулевых начальных условиях не имеет других решений, кроме тривиального, то оно уравнение типа (I<sub>0</sub>).

Доказательство. Не ограничивая общности, можем считать, что фундаментальная матрица  $Z(x)$  составлена из такой фундаментальной системы, которая удовлетворяет условию (L), и, следовательно, соблюдается неравенство (8).

В силу условия (18) мы можем взять столь большое  $x_0$ , что

$$\int_{x_0}^{\infty} \psi(x) dx < \frac{1}{2m}. \quad (19)$$

Согласно теореме о непрерывной зависимости решения дифференциального уравнения от начальных данных ([2], стр. 70—73), найдется такое положительное число  $\eta$ , что любое решение  $\xi(x)$  уравнения (1), удовлетворяющее условию

$$||\xi(0)|| < \eta, \quad (20)$$

удовлетворяет также условию

$$||\xi(x)|| < \frac{\delta}{2m + 1} ||Z(x)|| \quad \text{при } 0 \leq x < x_0. \quad (21)$$

Покажем теперь, что во всем промежутке  $[0, \infty)$  удовлетворяется условие

$$||\xi(x)|| < \delta ||Z(x)||. \quad (22)$$

Действительно, в противном случае в силу условия (21) найдется такое  $x_1$ ,  $x_0 < x_1 < \infty$ , что  $||\xi(x_1)|| = \delta ||Z(x_1)||$ , а в промежутке  $(x_0, x_1)$  соблюдается условие (22). С другой стороны, в силу (8), (17), (19) и (21) из равенства

$$\xi(x_1) = K(x_1, x_0)\xi(x_0) + \int_{x_0}^{x_1} K(x, t)f(t, \xi(t)) dt$$

получаем

$$\delta \cong \frac{m\delta}{2m+1} + m\delta \int_{x_0}^{x_1} \psi(t) dt < \delta.$$

Полученное противоречие доказывает, что неравенство (22) имеет место во всем промежутке  $[0, \infty)$ .

Если через  $B(x)$  обозначить матрицу, элементы которой определены равенствами

$$B_{kj}(x) = f_k(x, \xi(x)) \frac{\text{Sign} \xi_j(x)}{|\xi(x)|} \quad (k, j = 1, 2, \dots, n), \quad (23)$$

то станет очевидным, что  $\xi(x)$  будет решением уравнения

$$\frac{d\xi}{dx} = A(x)\xi + B(x)\xi.$$

С другой стороны, в силу условий (17), (18) и (22) из равенств (23) ясно, что соблюдается условие (15). Поэтому в силу теоремы 2  $\xi(x)$  — решение типа (Л). Таким образом, любое решение уравнения (1), удовлетворяющее условию (20), — решение типа (Л). Теорема доказана.

Справедливы следующие предложения.

**Теорема 4.** Пусть уравнение (2) удовлетворяет условию (L) и для некоторой фундаментальной матрицы  $Z(x)$  этого уравнения соблюдается условие

$$\|f(x, \|Z(x)\|y)\| \cong \psi(x, \|y\|) \|Z(x)\| \quad \text{при } 0 \cong x < \infty, \|y\| < \infty, \quad (24)$$

где  $\psi(x, \rho)$  удовлетворяет условиям теоремы 1,

$$\psi(x, \rho) \cong \psi(x) \quad \text{при } 0 \cong x < \infty, 0 \cong \rho \cong 1 \quad (25)$$

и соблюдается условие (18). Если, кроме того, для любой положительной постоянной  $t$  каждое решение уравнения

$$\frac{d\rho}{dx} = t\psi(x, \rho)$$

ограничено в промежутке  $[0, \infty)$ , то (1) — уравнение типа (Л).

**Теорема 5.** Пусть уравнение (2) удовлетворяет условию (L) и для некоторой фундаментальной матрицы этого уравнения соблюдается условие (24), где  $\psi(x, \rho)$  удовлетворяет условиям теоремы 1; при этом соблюдены условия (18) и (25). Если, кроме того, уравнение (1) при любых начальных условиях имеет единст-

венное решение, то каждое решение уравнения (I), начальное значение которого достаточно мало отклонено от начального значения решения типа (II), также является решением типа (II).

Тбилисский государственный  
университет

(Поступило в редакцию 22.2.1966)

მათემატიკა

ი. ტოროშელიძე

არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა უკონვერტი  
სისტემის ამოხსნების ასიმპტოტური წარმოდგენის შესახებ

რეზიუმე

შრომაში დადგენილია საკმარისი პირობები იმისა, რომ (1) განტოლებას გააჩნდეს ამოხსნები, რომლებიც  $x$ -ის დიდი მნიშვნელობებისათვის „მცირედ“ იქნებიან გადახრილნი (2) განტოლების ამოხსნებისაგან.

დაამუშავებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Беллман. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений. М., ИЛ, 1954.
2. Э. Л. Коддингтон, Н. Левинсон. Теория обыкновенных дифференциальных уравнений. М., ИЛ, 1958.
3. И. М. Рапопорт. О некоторых асимптотических методах в теории дифференциальных уравнений. Киев, 1954.
4. Д. М. Гробман. Системы дифференциальных уравнений, аналогичные линейным. ДАН СССР, 86, № 1, 1952.
5. Д. М. Гробман. Асимптотическое поведение решений нелинейных систем, близких к линейным. ДАН СССР, 108, № 4, 1956.
6. Д. М. Гробман. Асимптотика решений почти линейных систем дифференциальных уравнений. ДАН СССР, 158, № 4, 1964.
7. В. Я. Якубович. Об асимптотическом поведении решений систем дифференциальных уравнений. ДАН СССР, 24, № 7, 1948.
8. И. А. Торошелидзе. Об одном нелинейном интегральном уравнении. Труды Тбилисского гос. ун-та, т. 117, 1966.

Ш. А. БЕБИАШВИЛИ, Т. Г. ЖЕНТИ, О. М. НАМИЧЕИШВИЛИ

## ОБ ОПТИМАЛИЗАЦИИ МЕТОДА УВЕЛИЧЕНИЯ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Гокиели 2.7.1965)

Урожайность сельскохозяйственных культур в значительной мере определяется их всхожестью. Последняя зависит от многих факторов, часто трудно учитываемых и не подлежащих контролю. Поэтому вероятностная трактовка вопросов, связанных со всхожестью семян, представляется наиболее целесообразной.

В работе [1] в качестве средства увеличения всхожести предлагалось резервирование, в настоящее время широко<sup>2</sup> применяемое в сложных радиотехнических схемах и системах автоматического управления.

Однако увеличение всхожести путем резервирования, т. е. путем высева семян с избытком, связано с дополнительными расходами, которые требуют оценки и приведения в соответствие с требуемыми показателями всхожести, иначе говоря, встает задача оптимального резервирования.

Пусть для  $n$  различных сельскохозяйственных культур отведена площадь  $S$ , причем

$$S = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (1)$$

где  $S_i$ —участок, выделенный под  $i$ -ю культуру.

Для данных агробιολογических условий экспериментально могут быть определены вероятности не всхожести для каждой из них:  $Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_n$ . Эти величины будем считать заданными.

Для любого  $i$ -го участка с числом „гнезд“  $\chi_i$  вероятность всхожести  $P_i$ , т. е. вероятность того, что во всех  $\chi_i$  гнездах появится хотя бы по одному ростку при  $\chi_i$  семенах, высеянных в каждом из них, определится соотношением, полученным в работе [1]:

$$P_i = (1 - Q_i^{\chi_i})^{\chi_i}. \quad (2)$$



Поэтому вероятность всхожести на всей земельной площади будет равна

$$P = \prod_{i=1}^n (1 - Q_i^{x_i})^{z_i}. \quad (3)$$

Если  $Q_i^{x_i} \ll 1$ , то соотношению (3) можно придать более простой вид

$$P = \prod_{i=1}^n (1 - \zeta_i \cdot Q_i^{x_i}). \quad (4)$$

Сопоставляя с каждой  $i$ -й культурой обобщенную „пену“  $r_i$ , понимаемую в смысле стоимости, объема или веса семени, можно ввести величину

$$W = \sum_{i=1}^n x_i r_i \zeta_i. \quad (5)$$

Выражение (5) служит показателем экономичности проводимого с целью повышения всхожести семян резервирования. Оптимальная организация последнего математически сводится к двум следующим задачам:

1) к нахождению тех значений  $x_i$  (при данных  $\zeta_i$  и  $Q_i$ ), которые обеспечивают вероятность всхожести  $P$  не менее  $P_0$  при минимальности величины  $W$ ;

2) к нахождению тех значений  $x_i$  (при данных  $\zeta_i$  и  $Q_i$ ), которые обеспечивают максимум вероятности всхожести  $P$  при заранее оговариваемой величине  $W = W_0$ .

Для решения этих задач можно использовать методику, развитую в работе [2] применительно к вопросам оптимального резервирования сложных радиоэлектронных схем. В частности, полагая  $Q_i \ll 1$ , решение первой из сформулированных задач можно представить в следующем виде:

$$x_i = \frac{\ln \zeta_i r_i (1 - P_0) - \ln \left( \zeta_i \ln Q_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\zeta_i r_i}{\ln Q_i} \right)}{\ln Q_i}. \quad (6)$$

Во втором же случае решение дается соотношением

$$x_i = \frac{1}{\ln Q_i} \cdot \left\{ \ln \left( \frac{A_i}{\zeta_i} \right) + \frac{\zeta_i}{B_i} \cdot \left[ W_0 - \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{Q_i} \cdot \ln \left( \frac{A_i}{\zeta_i} \right) \right] \right\} - 1, \quad (7)$$

где введены обозначения

$$A_i = \frac{Q_i \cdot r_i \cdot \zeta_i}{\ln Q_i}, \quad (8)$$

$$B_i = \zeta_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\zeta_i r_i}{\ln Q_i}. \quad (9)$$

Рассмотрим простой пример, иллюстрирующий практическое применение приведенных выше соотношений, в частности формулы (6).

Пусть участок  $S$  предполагается засеять кукурузой Краснодар-5 и пшеницей Безостая-1, причем под первую культуру отводится площадь  $S_1$ , а под вторую —  $S_2$ , т. е.  $S_1 + S_2 = S$  и  $n = 2$ .

Допустим, что для агробиологических условий, скажем средней полосы России, вероятности не всхожести этих культур равны  $Q_1 = 0,001$  и  $Q_2 = 0,01$  соответственно. За обобщенную „цену“  $r_i$  примем средний вес одного зерна культуры и положим, что для кукурузы  $r_1 = 0,3$  г, а для пшеницы  $r_2 = 0,04$  г. Число гнезд примем равным  $\zeta_1 = 20\,480$  и  $\zeta_2 = 2,5 \cdot 10^6$ . Вероятность всхожести на всей земельной площади потребуем не менее  $P_0 = 0,9$  и найдем те значения  $x_i$ , которые обеспечат указанную всхожесть при минимуме затрат на сев.

Пользуясь соотношением (6), определяем  $x_1 = 2$ ,  $x_2 = 3$  округлением результатов до ближайшего целого.

Расход кукурузы при этом составит величину

$$W_1 = 2 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 20\,480 \text{ г} = 24\,576 \text{ г} = 25 \text{ кг},$$

а пшеницы —

$$W_2 = 0,04 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \text{ г} = 300 \text{ кг} = 3 \text{ ц}$$

против обычно практикуемых норм высева 30 кг и 2 ц соответственно кукурузы и пшеницы на 1 га земельной площади.

Аналогично проводится расчет и по формуле (7), когда стоит задача обеспечения максимума всхожести при ограничиваемых заранее затратах.

В далеко не редких случаях результаты подобного анализа могут потребовать существенных изменений в агротехнике сева.

Тбилисский государственный  
университет



ზ. ბეზიაშვილი, თ. ჟგენტი, ო. ნამიჩეიშვილი

ობტიმალური დარეზერვების შესახებ თესლთა აღმოცენების  
 ალბათობის გაზრდისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

სტატიაში განხილულია საკითხი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების თესლთა აღმოცენების სასურველი ალბათობის ობტიმალური უზრუნველყოფის შესახებ მათი გარკვეული სიჭარბის ხარჯზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. შ. ლ. ბეზიაშვილი, თ. გ. ჯგენტი. К вопросу расчета увеличения всхожести семян путем резервирования. Сообщения АН ГССР, ХLI:1, 1966.
2. შ. ლ. ბეზიაშვილი, ო. მ. ნამიჩეიშვილი. Некоторые вопросы оптимального резервирования. Сообщения АН ГССР, XXXVII:3, 1965.

Р. Н. САЛИЯ

## УСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ И ОБОБЩЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 4.4.1965)

В статье [1] рассмотрен вопрос о возможности чисто кинематического описания релятивистского равноускоренного движения (РУД) с помощью обобщения преобразований Лоренца, предложенных в виде (I—5)<sup>(1)</sup>. Там же (см. формулы (I—23)) и в докладе [2] были предложены более общие преобразования координат и времени, которые тоже описывают ускоренное движение, но, как покажем ниже, разного характера. Вопрос о преобразованиях координат, описывающих ускоренное движение, был рассмотрен В. С. Кирия и Ю. А. Рогожиным [3, 4], но первый автор свои преобразования предложил, используя I, а преобразования второго являются частным случаем преобразований (I—5), если в них положим  $\varphi=0$ ,  $V=0$ . В настоящей статье нас интересует вопрос о характере ускоренного движения, с которым связано то или иное преобразование координат.

Очевидно, что все те преобразования, которые предложены нами, обобщаются в следующие:

$$d\bar{x}^1 = \frac{dx^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2} \left( \operatorname{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{sh} \frac{gt}{c} \right)} + dx^0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2} \left( \operatorname{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{ch} \frac{gt}{c} \right)}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},$$

$$d\bar{x}^2 = \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} dx^2, \quad d\bar{x}^3 = \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} dx^3, \quad (I)$$

$$d\bar{x}^0 = \frac{dx^0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2} \left( \operatorname{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{sh} \frac{gt}{c} \right)} + dx^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2} \left( \operatorname{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{ch} \frac{gt}{c} \right)}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

<sup>(1)</sup> Для краткости статьи [1] и [2] будем называть соответственно I и II, а формулы из них указывать с этими цифрами.

и

$$\begin{aligned}
 d\bar{x}^1 &= \frac{dx^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} + \frac{V}{c} dx^0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \\
 d\bar{x}^2 &= \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} dx^2, \\
 d\bar{x}^3 &= \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} dx^3, \\
 d\bar{x}^0 &= \frac{dx^0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} + \frac{V}{c} dx^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},
 \end{aligned} \tag{2}$$

которые переводят линейный элемент плоского пространства

$$ds^2 = c^2 d\bar{t}^2 - [(d\bar{x}^1)^2 + (d\bar{x}^2)^2 + (d\bar{x}^3)^2] \tag{3}$$

в линейный элемент искривленного пространства

$$ds^2 = c^2 \left(1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}\right) dt^2 - \left(1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}\right) [(dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2] \tag{4}$$

и на основе принципа эквивалентности связывают неподвижную инерциальную систему отсчета с ускоренной. В этих выражениях  $g$ —постоянное ускорение относительно локально сопутствующей системы отсчета [I],  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  интерпретируются как потенциалы поля, искривляющего пространство, и зависят от координаты  $x^1$ , поскольку преобразования (1) и (2) описывают движение по направлению оси  $x^1$ ,  $V=V^1$ —скорость, которая, как будет показано ниже, имеет разный характер в формулах (1) и (2). Формулы (2) легко обобщаются на случай движения в любом направлении и принимают вид

$$\begin{aligned}
 d\bar{r} &= d\bar{r}^0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} + \\
 &+ \bar{V} \left[ \frac{dx^0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}{c \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} - \frac{(\bar{V} d\bar{r}^0) \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}}{V^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}\right) \right], \\
 d\bar{x}^0 &= \frac{dx^0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2(x^1, x^2, x^3)}{c^2}} + \frac{(\bar{V} d\bar{r})}{c} \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1(x^1, x^2, x^3)}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},
 \end{aligned} \tag{5}$$

но обобщение преобразования (1) требует специального рассмотрения, которым мы здесь не займемся.

В частном случае  $\varphi_1=0$ , преобразования (1) и (2) переводят линейный элемент (3) в элемент

$$ds^2 = c^2 \left( 1 + \frac{2\varphi}{c^2} \right) dt^2 - [(dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2], \quad (6)$$

который соответствует наличию ньютоновского поля тяготения, а если  $\varphi_1 = -\varphi_2 = -\varphi$ , (7) то (4) совпадает с приближенным значением интервала, получаемого из эйнштейновских уравнений поля [5], и поэтому назовем его эйнштейновским полем тяготения. Соответственно преобразования, полученные из формул (1) и (2) при условии  $\varphi_1 = 0$ , назовем преобразованиями Ньютона, а (1) и (2)—преобразованиями Эйнштейна.

Простые вычисления приводят к преобразованиям компонент скорости соответственно для формул (1) и (2):

$$\bar{v}^1 = \frac{\vartheta^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} \left( \text{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \text{sh} \frac{gt}{c} \right) + c \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \times \left( \text{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \text{ch} \frac{gt}{c} \right)}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \left( \text{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \text{sh} \frac{gt}{c} \right) + \frac{\vartheta^1}{c} \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} \times \left( \text{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \text{ch} \frac{gt}{c} \right)}, \quad (8)$$

$$\bar{v}^\alpha = \frac{\vartheta^\alpha \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \left( \text{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \text{sh} \frac{gt}{c} \right) + \frac{\vartheta^1}{c} \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} \times \left( \text{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \text{ch} \frac{gt}{c} \right)}, \quad (\alpha = 2, 3),$$

$$\bar{v}^1 = \frac{\vartheta^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} + V \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} + \frac{V\vartheta^1}{c^2} \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}} = \frac{\vartheta^1 \frac{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}} + V}{1 + \frac{V}{c^2} \vartheta^1 \frac{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}}, \quad (9)$$

$$\bar{v}^\alpha = \frac{\vartheta^\alpha \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} + \frac{V\vartheta^1}{c^2} \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}} = \frac{\vartheta^\alpha \frac{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{1 + \frac{V}{c^2} \vartheta^1 \frac{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}}{\sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}},$$



$$(\alpha = 2, 3). \\ \bar{\vartheta}^\alpha = \frac{d\bar{x}^\alpha}{d\bar{t}}, \quad \vartheta^\alpha = \frac{dx^\alpha}{dt}. \quad (10)$$

В классическом пределе формулы (1) и (8), а также (2) и (9) приводят к известным формулам пройденного пути и сложения скоростей соответственно для равноускоренного и любым образом переменного движений:

$$d\bar{x}^1 = dx^1 + V dt + g t dt, \quad d\bar{x}^2 = dx^2, \quad (11)$$

$$d\bar{x}^3 = dx^3, \quad d\bar{t} = dt,$$

$$\bar{\vartheta}^1 = \vartheta^1 + V + g t, \quad \bar{\vartheta}^2 = \vartheta^2, \quad \bar{\vartheta}^3 = \vartheta^3, \quad (12)$$

и

$$d\bar{x}^1 = dx^1 + V dt, \quad d\bar{x}^2 = dx^2, \quad (13)$$

$$d\bar{x}^3 = dx^3, \quad d\bar{t} = dt,$$

$$\bar{\vartheta}^1 = \vartheta^1 + V, \quad \bar{\vartheta}^2 = \vartheta^2, \quad \bar{\vartheta}^3 = \vartheta^3. \quad (14)$$

Из формул (11) и (12) очевидно, что  $V$  можно интерпретировать как начальную скорость равноускоренной системы отсчета (РУСО). С этой точки зрения преобразования (1) интерпретируем как преобразования, связывающие неподвижную и равноускоренную системы отсчета, в которых  $V$ —скорость локально сопутствующей системы отсчета. В формулах (13) и (14)  $V$  является мгновенной скоростью ускоренной системы отсчета. Следовательно, преобразования (2) связывают неподвижную систему с любым образом ускоренной системой отсчета (ЛОУСО).

Зная преобразования, связывающие бесконечно малые интервалы координат и времени в неподвижной и ускоренной системах отсчета, ничего нельзя сказать о том, как преобразуются сами координаты. Поэтому нельзя написать обратные по отношению к (1) и (2) преобразования без дополнительных условий. Однако этот вопрос решается положительно, если в ускоренной системе перейти к собственным времени и длине:

$$d\tau = \frac{1}{c} \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} dx^2, \quad dl_u = \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} dx^2. \quad (15)$$

Тогда преобразования (2) формально совпадают с преобразованиями Лоренца

$$d\bar{x}_1 = \frac{dl_1 + V d\tau}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad d\bar{x}_2 = dl_2, \quad d\bar{x}_3 = dl_3, \quad d\bar{x}^0 = \frac{cd\tau + \frac{V}{c} dl_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}. \quad (16)$$

Очевидно, что относительно собственного интервала времени и расстояния преобразования (16) обратимы и что обратные преобразования получаются перестановкой  $d\bar{x}_2 \Leftrightarrow dl_2$ ,  $d\bar{x}^0 \Leftrightarrow cd\tau$  и заменой

$$V(\bar{x}^1, \bar{x}^2, \bar{x}^3, \bar{x}^0) \rightarrow -V(l_1, l_2, l_3, c\tau),$$

(17)

что с физической точки зрения кажется естественным преобразованием. Возможно, эта обратимость и является указанием эквивалентности собственных интервалов как в неподвижной, так и в ускоренной системах отсчета. Укажем, что преобразования (9) формально совпадают с эйнштейновским законом сложения скоростей, если в ускоренной системе отсчета скорость определить как

$$\bar{v}_\alpha = \frac{dl_\alpha}{d\tau}. \quad (18)$$

До сих пор мы рассматривали вопросы, связанные с преобразованиями бесконечно малых величин в неподвижной и ускоренной системах отсчета. Перейдем сейчас к вопросам описания движения частицы с точки зрения этих систем отсчета. Определив закон преобразования четырехвектора аналогично формулам (1) и (2), для четырехимпульса  $P_i \left( \bar{p}, \frac{E}{c} \right)$ , получим соответственно

$$\bar{p}^1 = \frac{p^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} \left( \operatorname{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{sh} \frac{gt}{c} \right) + \frac{E}{c} \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \times \times \left( \operatorname{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{ch} \frac{gt}{c} \right)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad (19)$$

$$\bar{p}^2 = p^2 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}, \quad \bar{p}^3 = p^3 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}},$$

$$\bar{E} = \frac{E \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \left( \operatorname{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{sh} \frac{gt}{c} \right) + cp^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} \times \times \left( \operatorname{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{ch} \frac{gt}{c} \right)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}};$$

$$\bar{p}^1 = \frac{p^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}} + \frac{V}{c^2} E \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad \bar{p}^2 = p^2 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}, \quad (20)$$

$$\bar{p}^3 = p^3 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}, \quad \bar{E} = \frac{E \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} + Vp^1 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$



Если частица жестко связана с ускоренной системой отсчета, то  $\bar{p} = 0$  а  $E = m_0 c^2$  и из (19) и (20) соответственно получаем

$$\bar{p}^1 = \frac{m_0 c \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \left( \operatorname{sh} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{ch} \frac{gt}{c} \right)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad \bar{p}^2 = \bar{p}^3 = 0, \quad (21)$$

$$\bar{E} = \frac{m_0 c^2 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \left( \operatorname{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{sh} \frac{gt}{c} \right)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},$$

$$\bar{p}^1 = \frac{m_0 V \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad \bar{p}^2 = \bar{p}^3 = 0, \quad \bar{E} = \frac{m_0 c^2 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}. \quad (22)$$

Легко заметить, что формулы (21) показывают, как меняются энергия и импульс частицы при РУД, а формулы (22) дают их мгновенные значения. Это становится очевидным при переходе к классическому пределу. Соответственно из формул (21) и (22) получаем

$$\bar{p}^1 = m_0 (V + gt), \quad \bar{p}^2 = \bar{p}^3 = 0, \\ \bar{E} = m_0 c^2 + m\varphi_2 + \frac{m_0 (V + gt)^2}{2}; \quad (23)$$

$$\bar{p}^1 = m_0 V, \quad \bar{p}^2 = \bar{p}^3 = 0, \quad \bar{E} = m_0 c^2 + m_0 \varphi_2 + \frac{m_0 V^2}{2}. \quad (24)$$

Выражения (21) и (22) приводят к выводу, что ускоренное движение частицы не зависит от того, в каком поле тяготения она движется — в поле Ньютона или Эйнштейна (в формулы (21) и (22) не входит  $\varphi_1$ ). К этому же результату можно прийти, если написать уравнения геодезических соответственно для полей Ньютона и Эйнштейна, выбрать систему отсчета, в которой скорость равняется нулю, и учесть условие (7). Независимость движения ускоренной частицы от типа поля проявляется и в уравнениях движения<sup>(1)</sup>, соответствующих преобразованиям (1) и (2). В первом случае

$$\frac{d\bar{p}^2}{d\bar{t}} = 0, \quad \frac{d\bar{p}^3}{d\bar{t}} = 0, \\ \frac{d\bar{p}^1}{d\bar{t}} = m_0 g + \frac{m_0 \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} \left( \operatorname{ch} \frac{gt}{c} + \frac{V}{c} \operatorname{sh} \frac{gt}{c} \right)}{\left( 1 - \frac{V^2}{c^2} \right)^{3/2}} \frac{dV}{d\bar{t}}, \quad (25)$$

(<sup>1</sup>) Более подробно эти вопросы здесь не рассматриваются.

а во втором уравнения движения имеют тот же вид, если формально положить  $g=0$ . Очевидно, что второй член в первом уравнении (25) соответствует силе инерций, которая обусловлена локальным характером определения сопутствующей системы отсчета и подчеркивает специфический характер «начальной скорости» для релятивистского РУД.

Нами получены преобразования электромагнитного поля для преобразований (1) и (2), изучены вопрос оберации [2], влияние гравитационного поля на эффект Комптона, фотоэффект, парадокса часов и некоторые другие эффекты, которые будут рассмотрены подробно в дальнейшем. Здесь же удовлетворимся несколькими замечаниями. В частности, преобразования (1) и (2) приводят к изменению  $\lambda$  составляющей электрического поля в отличие от преобразований Лоренца. В формуле Комптона

комптоновская длина волны заменяется  $\frac{\Lambda_0}{1 + \frac{2\varphi_1}{c^2}}$  и появляется

добавочный член, зависящий от скорости локально сопутствующей системы отсчета. Показано, что определение собственного времени в гравитационном поле совпадает с определением собственного времени движущихся часов:

$$d\tau = dt \sqrt{1 + \frac{2\varphi_2}{c^2}} = d\bar{t} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}.$$

Разница соответствующих бесконечно малых интервалов времени в неподвижной и ускоренной системах отсчета обусловлена как кинетической, так и потенциальной энергией движущихся часов. Если движение таково, что удается преобразованием координат исключить потенциальную энергию, то нет никакого парадокса часов [1].

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 4.4.1965)

ფიზიკა

რ. სალია

აჩქარებული მოძრაობა და ლორენცის განზოგადებული გარდაქმნები

რ ე ხ ი უ მ ე

დაწერილია ლორენცის განზოგადებული გარდაქმნების ორგვარი სახე, რომელთაგან (1) აკავშირებს უძრავ და თანაბრად აჩქარებულ კოორდინატთა სისტემას, ხოლო (2) — უძრავ და ნებისმიერად აჩქარებულ კოორდინატთა სისტემებს. მიღებულია სიჩქარის გარდაქმნის კანონები შესაბამისად (8) და





(9) სახით. ვექტორის გარდაქმნის კანონის განზოგადების საფუძველზე მიღებულია ენერგიისა და იმპულსის გამოსახულებანი (19) და (20) სახით. მითითებულია, რომ (1) და (2) გარდაქმნების შებრუნება შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ აჩქარებულ სისტემაში განზომებისათვის ვიყენებთ, საკუთარი დროისა და სიგრძის ცნებებს; ხოლო სიჩქარეს ვადებთ (17) პირობას. დაწერილია აჩქარებული ნაწილაკის მოძრაობის განტოლება, რომელიც მოიცემა (25) ფორმულით. მითითებულია, რომ ელექტრომაგნიტური ველის განხილვისას (1) და (2) გარდაქმნები იწვევენ მოძრაობის გასწვრივ მიმართული ელექტრული ველის მდგენელის ცვლილებას. კომპტონის ეფექტში იცვლება კომპტონის ტალღის სიგრძე. განხილულია აგრეთვე საათის პარადოქსის საკითხი.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. P. H. Салия. Обобщенные преобразования Лоренца. Сообщения АН ГССР, XXXVIII : 1, 1965, 45.
2. P. H. Салия. Проблемы гравитации. Тезисы Второй советской гравитационной конференции, Тбилиси, 1965.
3. В. С. Кирия. Проблемы гравитации. Тезисы Второй советской гравитационной конференции, Тбилиси, 1965.
4. Ю. А. Рогожин. Проблемы гравитации. Тезисы Второй советской гравитационной конференции, Тбилиси, 1965.
5. Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Теория поля. Госиздат. М., 1960, 372.

Ш. М. МИРИАНАШВИЛИ, Д. И. НАНОБАШВИЛИ, З. Г. РАЗМАЗДЕ

## О ВОЗМОЖНОСТИ ТРАНСМУТАЦИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ АНТИМОНИДА ИНДИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Ш. М. Мирианашвили 8.5.1965)

Создание полупроводников постоянного типа посредством ядерных превращений в материалах обсуждается в работе [1]. Показано, что при облучении германия медленными нейтронами количество освобождаемых носителей тока равно количеству примесных центров, предсказанных по величине поперечного сечения и измеренному значению потока.

В данной работе приводятся результаты облучения антимонида индия медленными нейтронами.

Для полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ , таких, как  $InAs$ ,  $GaAs$ ,  $GaSb$ ,  $InSb$ , полное поперечное сечение поглощения тепловых нейтронов для компонентов, входящих в соединения, известно, и поэтому можно оценить эффективность трансмутационного легирования. Однако теоретические расчеты усложняются тем обстоятельством, что до последнего времени в литературе очень мало подробных данных о свойствах различных примесей в бинарных соединениях  $A^3B^5$ . Хотя  $InSb$  исследовался детально, но еще не вполне ясно, как некоторые примеси влияют на ее проводимость. Уровни с энергией активации 0,007 эв в  $p-InSb$  при низких температурах наблюдал Хростовский; полосу поглощения, соответствующую энергии фотона 0,014 эв (87 мк), обусловленную донорными примесями, обнаружили Бойль и Брейлзфорд. Однако ни в одном из этих случаев не удалось определить природу примесей [2].

$In$  имеет общее поперечное сечение поглощения тепловых нейтронов  $\bar{\sigma}_{In} = 190 \times 10^{-24}$  см<sup>2</sup>, а  $Sb - \bar{\sigma}_{Sb} = 5,5 \times 10^{-24}$  см<sup>2</sup>. Реакция  $(n, \gamma)$  на стабильных изотопах индия и стибия приводит к образованию примесных центров:  $[In^{113}(n, \gamma)In^{114} \rightarrow Sn^{114}]$ ,  $[In^{115}(n, \gamma)In^{116} \rightarrow Sn^{116}]$ ,  $[Sb^{121}(n, \gamma)Sb^{122} \rightarrow Te^{122}]$ ,  $[Sb^{123}(n, \gamma)Sb^{124} \rightarrow Te^{124}]$ . Реакция  $(n, \gamma)$  с  $In^{113}$ , распространенность которого составляет 4,23%, приводит также к образованию незначительного количества примеси кадмия.  $Sn$  и  $Te$  в  $InSb$  являются донорными примесями, поэтому можно предположить образование в  $InSb$  электронной проводимости в результате ядерных превращений. Из изме-



ренных значений поперечных сечений поглощения медленных нейтронов для изотопов In и Sb (табл. 1) [3]

Таблица 1

Поперечные сечения поглощения тепловых нейтронов для индия и стибия

Элемент	Изотоп	Содержание в %	Поперечное сечение поглощения $\Sigma$ $10^{-24}$ см <sup>2</sup>	Конечный продукт
In			190±10	
	In <sup>113</sup>	4,23	58±12	{ Sn <sup>114</sup> (98%) Cd <sup>114</sup> (1%) }
Sb	In <sup>115</sup>	95,77	200±20	Sn <sup>116</sup>
			5,5±1	
	Sb <sup>121</sup>	57,25	5,7±0,5	{ Te <sup>122</sup> (96,9%) Sn <sup>122</sup> (3,0%) }
	Sb <sup>123</sup>	42,75	3,9±0,3	Te <sup>124</sup>

можно рассчитать концентрацию примесных атомов, возникающих в результате ядерных превращений в InSb:

$$N_e = \Phi_0(1 - e^{-\Sigma d}),$$

$$\Sigma = \sigma \cdot N \cdot P_i,$$

где  $N_e$  — количество примесных атомов, возникающих вследствие ядерных превращений в InSb, т. е. число прореагировавших нейтронов,  $\Phi_0$  — интегральный поток медленных нейтронов,  $N$  — число атомов индия (стибия) в 1 см<sup>3</sup> InSb,  $\sigma$  — поперечное сечение захвата тепловых нейтронов атомами индия (стибия),  $P_i$  — процентное содержание изотопа,  $d$  — толщина образца.

Образцы InSb n-типа с исходной концентрацией примесных атомов (доноров)  $N_d \approx 3,37 \times 10^{13} \div 6,17 \times 10^{15}$  см<sup>-3</sup> и p-типа с  $N_a \approx 2,93 \times 10^{14} \div 4,57 \times 10^{17}$  см<sup>-3</sup> экспонировались в экспериментальных каналах реактора Института физики АН ГССР при температурах 100 и 300°К. Для устранения нарушений кристаллической решетки, вызванных быстрыми нейтронами (быстрые нейтроны в InSb вызывают конверсию материала p-типа в n-тип и приводят к уменьшению подвижности носителей [4]) и примесными атомами отдачи, образцы после облучения отжигались в вакууме — нагревались до температуры 375 — 400°С (для образцов p-типа) и 350°С (для образцов n-типа), выдерживались в течение 25 — 30 часов, а затем медленно охлаждались до комнатной температуры.

Так как проводимость полупроводника, имеющего доноры и акцепторы, определяется тем типом примеси, которая больше по количеству, то окончательная проводимость образцов InSb после отжига обязана ба-

лансу между носителями тока, имевшимися в образце до облучения, и носителями заряда, образовавшимися в результате трансмутационного легирования.

На рис. 1 приведены кривые температурной зависимости постоянной Холла и электропроводности для одного из исследуемых образцов  $p$ -InSb, облученного медленными и быстрыми нейтронами.

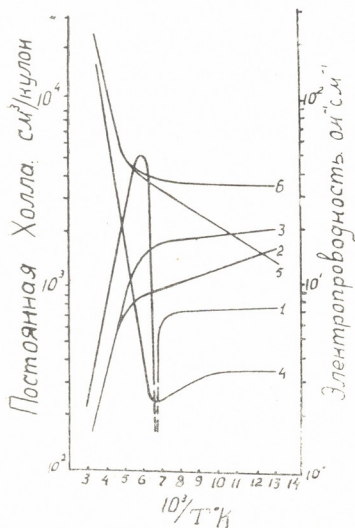


Рис. 1. Зависимость постоянной Холла и электропроводности от обратной температуры InSb  $p$ -типа, облученного быстрыми и медленными нейтронами: 1—постоянная Холла до облучения (дырочный  $p=7,97 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ); 2—постоянная Холла после облучения потоком  $1,35 \times 10^{16}$  нейтр/см<sup>2</sup> (электронный  $n=3,95 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ); 3—постоянная Холла после термоотжига (электронный  $n=3,0 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ); 4—электропроводность до облучения; 5—электропроводность после облучения потоком  $1,23 \times 10^{16}$  нейтр/см<sup>2</sup>; 6—электропроводность после термоотжига

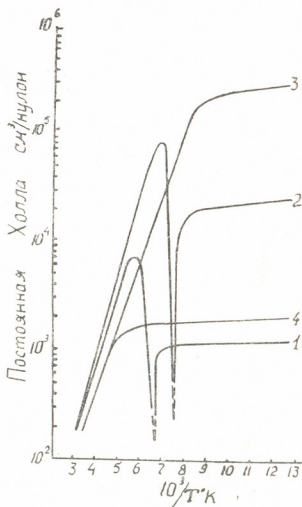


Рис. 2. Зависимость постоянной Холла от обратной температуры для InSb  $p$ -типа, облученного медленными нейтронами: 1—до облучения; 2—после облучения потоком  $5,09 \times 10^{15}$  нейтр/см<sup>2</sup> и термоотжига; 3—после облучения потоком  $5,34 \times 10^{15}$  нейтр/см<sup>2</sup> и термоотжига; 4—после облучения потоком  $1,04 \times 10^{16}$  нейтр/см<sup>2</sup> и термоотжига

Концентрация примесных атомов, полученных вследствие ядерных превращений в антимониде индия

Номер образца и тип проводимости	Начальная концентрация носителей заряда в $1 \text{ см}^2$ при $77^\circ\text{K}$	Начальная подвижность носителей заряда при $77^\circ\text{K}$	Общий поток медленных нейтронов $\Phi_0$	Окончательная концентрация носителей заряда в $1 \text{ см}^2$ при $77^\circ\text{K}$		Разница в %	Окончательная подвижность носителей заряда при $77^\circ\text{K}$
				рассчитанная по поперечному сечению	измеренная по эффекту Холла		
1. Дыроч.	$+2,93 \times 10^{13}$	$5,37 \times 10^3$	$4,35 \times 10^{13}$	$-1,31 \times 10^{14}$	$-1,15 \times 10^{14}$	-12	$2,47 \times 10^4$
2. "	$+2,43 \times 10^{13}$	$3,72 \times 10^3$	$2,61 \times 10^{13}$	$-1,10 \times 10^{14}$	$-8,94 \times 10^{13}$	-19,6	$1,03 \times 10^5$
3. "	$+4,77 \times 10^{13}$	$2,86 \times 10^3$	$7,45 \times 10^{13}$	$-2,49 \times 10^{13}$	$-3,01 \times 10^{13}$	+17	$8,50 \times 10^4$
4. "	$+7,41 \times 10^{13}$	$2,78 \times 10^3$	$7,45 \times 10^{13}$	$-6,52 \times 10^{13}$	$-6,13 \times 10^{13}$	-6	$6,96 \times 10^4$
5. "	$+1,95 \times 10^{14}$	$1,65 \times 10^3$	$7,45 \times 10^{13}$	$-5,31 \times 10^{13}$	$-4,65 \times 10^{13}$	-12,5	$3,79 \times 10^4$
6. "	$+3,53 \times 10^{14}$	$8,73 \times 10^3$	$9,36 \times 10^{13}$	$-5,59 \times 10^{13}$	$-6,47 \times 10^{13}$	+13,5	$2,55 \times 10^4$
7. "	$+4,37 \times 10^{14}$	$6,87 \times 10^3$	$4,68 \times 10^{13}$	$-1,90 \times 10^{13}$	$-1,58 \times 10^{13}$	-17	$2,15 \times 10^4$
8. "	$+4,46 \times 10^{14}$	$3,79 \times 10^3$	$4,75 \times 10^{13}$	$-1,70 \times 10^{13}$	$-2,15 \times 10^{13}$	+21	$2,34 \times 10^4$
9. "	$+4,57 \times 10^{14}$	$4,26 \times 10^3$	$9,50 \times 10^{13}$	$-4,69 \times 10^{13}$	$-6,40 \times 10^{13}$	+27	$1,97 \times 10^4$
10. Электр.	$-3,37 \times 10^{13}$	$1,05 \times 10^3$	$4,35 \times 10^{13}$	$-4,24 \times 10^{14}$	$-4,79 \times 10^{14}$	+11,5	$9,35 \times 10^4$
11. "	$-4,51 \times 10^{13}$	$9,84 \times 10^4$	$7,45 \times 10^{13}$	$-7,26 \times 10^{13}$	$-9,05 \times 10^{13}$	+20	$7,74 \times 10^4$
12. "	$-5,33 \times 10^{13}$	$1,13 \times 10^3$	$9,50 \times 10^{13}$	$-9,26 \times 10^{13}$	$-7,86 \times 10^{13}$	-15	$3,85 \times 10^4$
13. "	$-2,72 \times 10^{14}$	$3,91 \times 10^3$	$9,36 \times 10^{13}$	$-9,12 \times 10^{13}$	$-9,74 \times 10^{13}$	+6	$5,70 \times 10^4$
14. "	$-5,74 \times 10^{14}$	$2,28 \times 10^3$	$9,36 \times 10^{13}$	$-9,12 \times 10^{13}$	$-9,43 \times 10^{13}$	+3	$4,86 \times 10^4$
15. "	$-6,17 \times 10^{13}$	$1,63 \times 10^3$	$9,36 \times 10^{13}$	$-9,12 \times 10^{13}$	$-1,19 \times 10^{14}$	+23	$5,38 \times 10^4$
16. Дыроч.	$+8,63 \times 10^{13}$	$3,73 \times 10^3$	$5,40 \times 10^{13}$	$-5,25 \times 10^{13}$	$-3,68 \times 10^{13}$	-20	$1,65 \times 10^4$

Показано, что после термоотжига кривая постоянной Холла становится типичной для примесного полупроводника замещения.

Табл. 2 иллюстрирует результаты трансмутационного легирования в образцах InSb n и p-типов. Показано, что в пределах ошибок эксперимента концентрации носителей тока—рассчитанная по величине поперечного сечения поглощения медленных нейтронов и измеренная по эффекту Холла—равны.

На рис. 2 приведены кривые температурной зависимости постоянной Холла p-InSb, последовательно нейтрализуемой увеличением концентрации примесей, введенных в результате ядерных превращений. Так как доноры, создаваемые в результате ядерных превращений, рекомбинируют с акцепторами (имевшимися в образце до облучения), пока, наконец, не создается равновесная концентрация дырок и электронов, равная концентрации, которая имела бы место при их спонтанном термическом образовании, то можно трансмутационным легированием ввести в InSb p-типа избыточные доноры в желаемых количествах и получить материал высокого сопротивления в случае компенсации акцепторных примесей.

Проводимость достигнет минимального значения, когда

$$p = nb = \sqrt{bK},$$

где  $b$  — отношение подвижности электронов к подвижности дырок,  $n \cdot p = K$  — постоянная равновесия, зависящая только от температуры, поэтому минимальная проводимость

$$\sigma_{\min} = 2e\mu_p \sqrt{bK}.$$

Собственная проводимость при той же температуре равна

$$\sigma_i = (1 + b)e\mu_p \sqrt{K}.$$

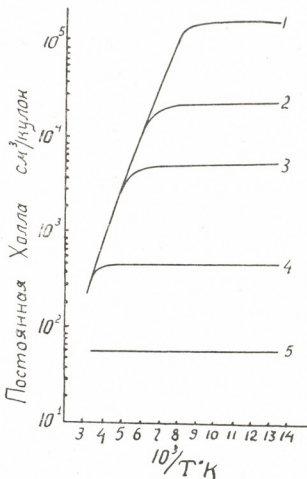


Рис. 3. Зависимость постоянной Холла от обратной температуры InSb n-типа, облученного медленными нейтронами: 1—до облучения; 2—после облучения потоком  $4,35 \times 10^{14}$  нейтр/см<sup>2</sup> и термоотжига; 3—после облучения потоком  $1,27 \times 10^{15}$  нейтр/см<sup>2</sup> и термоотжига; 4—после облучения потоком  $1,02 \times 10^{16}$  нейтр/см<sup>2</sup> и термоотжига; 5—после облучения потоком  $9,12 \times 10^{16}$  нейтр/см<sup>2</sup> и термоотжига

Следовательно<sup>1</sup>,

$$\frac{\sigma_{\min}}{\sigma_i} = \frac{2\sqrt{b}}{1+b}$$

Для антимонида индия  $b > 1$ , поэтому  $\sigma_{\min} < \sigma_i$ .

Трансмутационное легирование InSb n-типа иллюстрирует рис. 3.

Действие бомбардировки в направлении создания добавочных рассеивающих центров стремится уменьшить подвижность носителей тока. Этот эффект зависит от начальной концентрации свободных носителей тока, от степени компенсации образцов и т. д. Отжиг восстанавливает подвижность, но она не достигает первоначального значения. Последнее вызвано рассеянием на химических примесях, введенных в результате ядерных превращений. Для образцов с концентрацией носителей тока  $< 10^{16} \text{ см}^{-3}$  уменьшение подвижности не превышает 10—15% (для потоков до  $10^{16}$  нейтр/см<sup>2</sup>).

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 8.5.1965)

ფიზიკა

შ. მირიანაშვილი, ჯ. ნანობაშვილი, ზ. რაზმაძე  
 ინდიუმის ანტიმონიდის ტრანსმუტაციური ლეგირების  
 შესაძლებლობის შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომაში მოყვანილია ინდიუმის ანტიმონიდის სითბური ნეიტრონებით გასხივების შედეგები. ნაჩვენებია, რომ ბირთვული გარდაქმნების შედეგად InSb-ში შესაძლებელია შეყვანილ იქნეს დონორული ტიპის მინარევები (Sn და Te სახით) სასურველი ოპონდობით და მიღებულ იქნეს მასალა მოცემული ელექტრული პარამეტრებით.

ჰოლის კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულების მრუდები თერმოდამუშავების შემდეგ ტიპურია ჩანაცვლებით მიღებული მინარეული ნახევრადგამტარებისათვის.

ექსპერიმენტის ცდომილების ფარგლებში დენის გადამტანთა კონცენტრაცია, გამოთვლილი სითბური ნეიტრონების ჩაჭერის კვეთის მნიშვნელობებიდან, (In-სა და Sb-ის სტაბილური იზოტოპებისათვის), ემთხვევა კონცენტრაციის მნიშვნელობას, გაზომილს ჰოლის ეფექტიდან. დენის გადამტანთა ძვრადობა გასხივების შედეგად მცირდება დამატებით გამზნევი ცენტრების შექმნის გამო. უკანასკნელი ეფექტი დამოკიდებულია დენის გადამტანთა საწყის კონცენტრაციასა და ნიმუშების კომპენსაციის ხარისხზე.

ღამოწმავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. Ларк-Горовиц. Бомбардировка полупроводников нуклонами. Полупроводниковые материалы. ИЛ, М., 1954.
2. К. Хильсум, А. Роуз-Инс. Полупроводники типа  $A_{III}B_{V}$ . ИЛ, М., 1963.
3. Г. Сиборг, И. Перлман, Дж. Холлендер. Таблица изотопов. ИЛ, М., 1956.
4. I. W. Cleland, I. H. Grawford. Neutron Irradiation of Indium Antimonide. The Phys. Rev., 95, 1954, 1177.

<sup>1</sup> Это соотношение верно, если  $\mu_p$  одно и то же для  $\sigma_{\min}$  и для  $\sigma_i$ .

М. А. КОЛОМИЙЦЕВ, Ц. Д. ГАМКРЕЛИДЗЕ

## МЕЧЕНИЕ АСПАРАГИНОВОЙ КИСЛОТЫ ГОРЯЧИМИ АТОМАМИ ТРИТИЯ

(Представлено академиком Э. Л. Андроникашвили 16.4.1965)

Радиоактивные атомы, возникающие в ядерной реакции, внедряясь в вещество, приводят к образованию меченых соединений.

Для разделения полученной смеси радиоактивных веществ, содержащих меченое материнское вещество и продукты радиолиза, образовавшиеся под действием излучения, используются методы хроматографии, выделения на неактивных носителях, ректификации и др. Несмотря на некоторую сложность препаративной радиохимии облученной мишени, метод „горячего синтеза“ привлекает внимание, благодаря возможности получения меченого вещества в одну стадию независимо от сложности структуры.

Это преимущество становится особенно важным, если необходимо пометить по нелабиальным группам биологически важные вещества, часто обладающие очень сложным строением и поэтому исключающие возможность их синтеза из простых веществ, содержащих нужный изотоп.

Процесс мечения твердых веществ атомами отдачи в значительной мере зависит не только от природы атома и его пробега в веществе, но и от конкретных условий облучения. Варьируя различные факторы, например концентрации компонентов смеси, интегральную дозу облучения, степень дисперсности твердого продукта и др., можно найти оптимальный вариант, когда выживаемость облучаемого вещества достаточно велика и удельная активность полученного меченого препарата удовлетворяет требованиям экспериментатора.

Для нахождения оптимальных условий облучения целесообразно использовать вещества не слишком сложной структуры, имеющие, однако, вполне самостоятельный интерес в смысле их дальнейшего применения в качестве радиоактивной метки.

В настоящей работе приведены данные по мечению аспарагиновой кислоты атомами отдачи трития, возникающими в ядерной реакции  $Li^6(n, \alpha)T^3$ .



### Экспериментальная часть

Облучение аспарагиновой кислоты производилось на реакторе Института физики АН ГССР в каналах, где потоки тепловых нейтронов составляют  $\sim 10^{12}$  н/см<sup>2</sup>. сек. Температура облучения менялась в пределах 70—90°C.

Облученные образцы представляли собой смесь 0,5 г аспарагиновой кислоты (марки „Чистый“) и различных количеств химически чистого карбоната лития, предварительно высушенного до постоянного веса. Со-

Таблица 1  
Зависимость удельной активности аспарагиновой кислоты от времени облучения

№ образцов	Время облучения, час	Удельная активность, мккюри/г
1	1	17,0
2	2	26,5
3	4	45,3
4	8	60,0
5	10	88,0
6	20	90,0
7	30	140,0

став образцов и время облучения приведены в табл. 1 и 2. После облучения образцы подвергались радиохимической обработке с целью выделения и очистки аспарагиновой кислоты.

Аспарагиновая кислота  $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-$ — $\text{COOH}$  выделялась из облученной смеси в виде бариевой соли.

6,3 г химически чистого гидрата окиси бария взвешивалось в 100 мл дистиллированной воды, и смесь нагревалась до 60—70°C. Далее, к раствору добавлялось 4,5 г неактивной аспарагиновой кислоты, предварительно смешанной с облученным образцом, содержащим до облучения 0,5 г аспарагиновой кислоты. Раствор отфильтровывался от избытка нерастворившегося гидрата окиси бария, охлаждался до комнатной температуры, и затем к нему порциями добавлялось 300—350 мл метилового спирта. Образовавшийся осадок бариевой соли аспарагиновой кислоты отфильтровывался. Небольшая проба осадка отсасывалась на воронке Бюхнера и высушивалась под инфракрасной лампой в течение нескольких часов. Измерялась активность этой пробы. Основная масса осадка подвергалась вторичной перекристаллизации в тех же условиях. Количество необходимых перекристаллизаций определялось по достижению постоянной удельной активности.

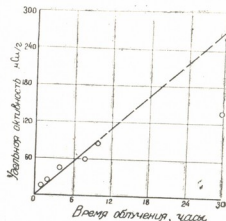


Рис 1

Измерение активности меченой аминокислоты осуществлялось методом, описанным Вилъзбахом [1]. Навеска активной кислоты в количестве 10 мг помещалась в ампулу из стекла „Пирекс“ вместе с запаянными в капилляре 10 мг воды, 1 г порошка металлического цинка и 100 мг окиси никеля. Ампула откачивалась до давления  $10^{-2}$  мм и запаивалась. Помешенные в ней вещества сжигались при температуре  $640^{\circ}\text{C}$  в течение 3 часов. Аминокислота при этом сжигалась до водорода, метана и элементарного азота.

После охлаждения ампулы активность образовавшихся в ней газов измерялась в приборе с гейгеровским счетчиком внутреннего наполнения, описанном ранее [2].

В табл. 1 и на графике 1 приведены данные о зависимости удельной активности образующейся меченой аспарагиновой кислоты от времени облучения образца при составе смеси 1 г аминокислоты и 100 мг карбоната лития.

Кривая, приведенная на графике 1, показывает, что по мере возрастания

времени облучения удельная активность не растет линейно, как это следовало ожидать из формулы зависимости активности от времени облучения при больших периодах полураспада образующегося вещества, а резко падает при больших интегральных потоках нейтронного и гамма-излучения.

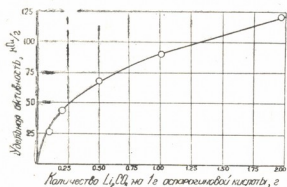


Рис. 2

разрушенных в результате радиолитического распада материнских молекул. С другой стороны, продукты распада, по мере их накопления, начинают конкурировать за захват трития отдачи и происходит „выедание“ потока тритонов, что вызывает уменьшение выхода меченых тритием молекул аспарагиновой кислоты. Поэтому для получения оптимальных выходов мечения проводить облучение свыше 2—4 часов нежелательно.

Таблица 2

Изменение удельной активности аспарагиновой кислоты в зависимости от состава смеси

№ образцов	Состав образцов, г		Удельная активность, мкюри/г
	Аспарагиновая кислота	Карбонат лития	
2	0,500	0,050	26,5
8	0,500	0,100	43,6
9	0,500	0,250	68,0
10	0,500	0,500	90,5
11	0,500	1,000	124,0

Это падение удельной активности обусловлено двумя обстоятельствами. В наших опытах не учитывалась выживаемость аминокислоты. Действительно, добавление носителя к облученному образцу приводит к его разбавлению неактивной кислотой, причем степень разбавления, естественно, увеличивается при увеличении доли

В табл. 2 и на графике 2 показана зависимость удельной активности аспарагиновой кислоты от количества карбоната лития в смеси при облучении образца в течение 2 часов.

Удельная активность аминокислота при соотношении аминокислота—карбонат лития 1:2 возрастает в 5 раз. По-видимому, кратковременное облучение большим потоком горячих атомов трития приводит к оптимальным условиям мечения аспарагиновой кислоты.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физики  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 20.5.1965)

შიზიგა

მ. კოლომიცევი, ც. გამყალიძე

ასპარაგინის მჟავას დანიშვნა თრიტიუმის ცხელი  
 ატომებით

რეზიუმე

შრომაში მოყვანილია მონაცემები ასპარაგინის მჟავას თრიტიუმის უკუ-  
 ცემის ბირთვებით დანიშვნის მეთოდების შესახებ. ჩატარებული ცდების სა-  
 ფუძველზე სხვადასხვა ფაქტორების შესწავლით შერჩეულია ბირთვულ რეაქ-  
 ტორზე დაშუქებისას ასპარაგინის მჟავას დანიშვნის ოპტიმალური პირობები:  
 გაშუქების დროს—2 დან 4 საათამდე, ხოლო ლითიუმის კარბონატისა და  
 ასპარაგინის მჟავას კონცენტრაცია—1:1 ნეიტრონების ნაკადისათვის  $10^{12}$   
 ნეიტრონი/სმ<sup>2</sup> სეკ. ამ პირობებში ასპარაგინის მჟავას ხვედრითი აქტივობა  
 არალაბილური წყალბადის მიმართ მიღებული იყო 90  $\mu\text{Ci/g}$ .

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. K. E. Wilzbach, L. Kaplan, W. G. Brown. The Preparation of Gas for Assay of Tritium in Organic Compounds. Science, 118, 1953.
2. ლ. შ. ნადირაშვილი, ლ. ა. ჩხლადზე, თ. ბ. წეცხლადზე. Получение меченной тритием  $\alpha$ -аминоуксусной кислоты. Сообщения АН ГССР, XXXIV:3-541, 1964.

პრ. ბრეშინი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), გ. ჩინვაძე

სინთეზური ცელოლითით გამოყოფილი ნ. ალკანების  
ბარდაშენა მარილის მშავითა და ჰრომის ქლორიდით  
დაფუშავებულ გუმბრინზე

სინთეზური მასალებისა და მალალოქტანური საწვავის მისაღებად დიდ გამოყენებას პოულობენ ალკანები, იზოალკანები და არომატული ნახშირწყალბადები. ამიტომ ნ. ალკანების გარდაქმნა ზემოთ აღნიშნული ნახშირწყალბადების მიღების მიზნით მკვლევართა ყურადღებას იმსახურება.

2,5-დიმეთილჰექსანის კატალიზური გარდაქმნით ბუნებრივ გუმბრინზე [1] მიღებულია პ. ქსილოლი. კატალიზატორში ნაჩვენებია აგრეთვე ალკენების არსებობა.

ქრომის უანგის კატალიზატორად გამოყენების შემთხვევაში ნ. ალკანები ექვსი და მეტი ნახშირბადის ატომით მოლეკულაში დეჰიდროციკლიზაციის რეაქციას განიცდიან და იძლევიან არომატულ ნახშირწყალბადებს [2].

ალკანების დეჰიდროციკლიზაციის რეაქციის შესწავლისას [3] გამოირკვა, რომ არომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნა მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტი შესაძლებლობა აქვს ალკანს ციკლის შეკვრისა.

ცნობილია, რომ ალკანების კატალიზური გარდაქმნისას ალუმოქრომკალიუმის კატალიზატორზე არომატული ნახშირწყალბადების გარდა ადვილი აქვს აგრეთვე ალკენების წარმოქმნას [4]. შრომაში [4] ავტორები მიზნად ისახავდნენ თხევადი ალკენები მაქსიმალური გამოსავლით მიეღოთ.

თერმოდინამიკური გამოთვლების შედეგად [5] ნაჩვენებია, რომ ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე ნ. ალკანების გარდაქმნისას ალკენების წარმოქმნასთან შედარებით გაცილებით ადვილად მიდის დეჰიდროციკლიზაციის რეაქცია.

იზოალკანები, რომლებიც პირდაპირ ჯაქვში ნ. ნახშირბადზე ნაკლებ ატომს შეიცავენ, ალკენების მიღების კარგ ნედლეულს წარმოადგენენ [6], რადგან ამ შემთხვევაში არომატული ნახშირწყალბადები უმნიშვნელო რაოდენობით მიიღება.

ნ. ალკანების იზომერიზებას გუმბრინის მონაწილეობით თეორიული ინტერესი და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ნ. ოქტანის იზომერიზებით გააქტივებულ გუმბრინზე. ნახშირწყალბადის დუღილის ტემპერატურის ზღვრებში, ნაჩვენებია მისი გარდაქმნა იზოალნაგობის ნახშირწყალბადებად [7].

წინამდებარე შრომაში ჩვენ განვიზრახეთ ნ. ჰექსანის, ნ. ჰეპტანისა და ნ. ოქტანის გარდაქმნის შესწავლა. კატალიზატორებად გამოვიყენეთ სამქლორიანი ქრომით გაჟღენთილი, იონგაცვლით მიღებული და მარილის მქავით გააქტივებული გუმბრინი.

შრომაში [8] ნაჩვენებია, რომ ჰალოგენწყალბადმქავით დამუშავებული ალუმოსილიკატი იზომერიზების რეაქციის კატალიზატორის კარგი სარჩულია იმის გამო, რომ გააქტივების შედეგად სარჩულში მცირდება ტუტე მეტალე-



ბის რაოდენობა, რომლებიც ფარავენ კატალიზატორში იზომერიზაციის ცენტრებს.

შესწავლილია ბუნებრივი, გააქტივებული გუმბრინი და მათზე დაფენილი ცინკის ქლორიდის მოქმედება ნ. ჰექსადეკანის გარდაქმნაზე [9]. ნაჩვენებია, რომ აღებული ნახშირწყალბადი ძირითადად განიცდის ჰიდროკრეკინგს, გარდა ამისა, ადვილი აქვს მცირე ხარისხით იზომერიზებას და დეჰიდროციკლიზაციის რეაქციას.

ექსპერიმენტული ნაწილი

კატალიზური გარდაქმნებისათვის საჭირო პროდუქტი გამოვყავით თურქმენეთის დაბალქტანური ბენზინიდან CaA ფორმის სინთეზური ცეოლითის გამოყენებით [10]. გამოყოფილი ნ. ალკანების ნარევი დავამუშავეთ გოგირდის მქავეთ. სათანადო გარეცხვისა და გაშრობის შემდეგ გამოვხადეთ მეტალურ ნაქტივში. ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების შესაბამის დუდილის ტემპერატურის ზღვრებში, 52 თეორიული თეფშის ეფექტურობის მქონე სვეტში. მიღებულ ნახშირწყალბადებს განუსაზღვრეთ ფიზიკო-ქიმიური კონსტანტები, რომელთა მნიშვნელობა და ამავე სიდიდეთა ლიტერატურული მნიშვნელობანი [11] პირველ ცხრილშია მოცემული.

ცხრილი 1

გამოყოფილი ნახშირწყალბადების ფიზიკო-ქიმიური კონსტანტები					ამავე კონსტანტების ლიტერატურული მონაცემები			
ნახშირწყალბადის დასახელება	დუღ. ტემპ. °C (746 მმ)	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	ანილინის წერტილი	დუღ. ტემპ. °C(760 მმ)	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	ანილინის წერტილი
ნ. ჰექსანი	68	0,6599	1,3758	62,2	68,74	0,6594	1,3749	61,9
ნ. ჰეპტანი	98	0,6848	1,3890	70,1	98,4	0,6837	1,3877	70,0
ნ. ოქტანი	125	0,7038	1,3982	72,3	125,67	0,7025	1,3974	72,0

კატალიზატორ № 1 მისაღებად ქრომის ქლორიდს ვხსნიდით დესტილირებულ წყალში და ვკლენთავდით გუმბრინს (1955 წლის ნიმუში, მხეიძისეული უბნის) იმ ვარაუდით, რომ კატალიზატორში 5—6% ქრომი გეჭონდა. კატალიზატორი № 2 შემდეგნაირად მომზადდა: მრგვალი კულაში მოვათავსეთ 100 გ გუმბრინი, დავუმატეთ 900 მლ 0,15 ნორმალობის ქრომის ქლორიდის ხსნარი და 60 წუთის განმავლობაში ვურევდით მექანიკური მოძრევის საშუალებით. შემდეგ გადავიტანეთ ბიუხნერის ძაბრში, გავფილტრეთ და გავრეცხეთ დესტილირებული წყლით ქლორიონის მოცილებამდე. მიღებული კატალიზატორი გავაშრეთ თერმოსტატში 150°C 2 საათის განმავლობაში, ეს პროცესი გავიმეორეთ ექვსჯერ. კატალიზატორი № 3 მომზადდა როგორც კატალიზატორი № 2 იმ განსხვავებით, რომ ქრომის ქლორიდის ხსნარით დამუშავდა მხოლოდ ორჯერ.

კატალიზატორის მოსამზადებლად გამოყენებული ბუნებრივი და ქრომის ქლორიდით დამუშავებული გუმბრინი ხასიათდება შემდეგი ქიმიური შემადგენლობით<sup>(1)</sup>:

(<sup>1</sup> ანალიზი შესრულებულია შ. ნადარეშილის მიერ, რისთვისაც დიდ მადლობას ვუძღვნი.

კატალიზატორი № 4 წარმოადგენდა გააქტივებულ კუმბრინს, რომელიც შემდეგნაირად მომზადდა: მექანიკური მომრევიტა და უკუმაცივრით მომარაგებულ მრგვალიძირა კულაში მოთავსებულ 100 გ გუმბრინს დაეუმატეთ 200 მლ 25% მარილის მქავა და ნარევეს 6 საათის განმავლობაში ვაღუღებდით. გააქტივებული გუმბრინი გავფილტრეთ, თერმოსტატში გავაშრეთ 150°C, 3 საათის განმავლობაში.

ცხრილი 2

დასახელება	შ ე მ ა დ გ ე ნ ლ ო ბ ა %											სინესტი	გამუშაობის და ნაკრები	
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O			Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
ბუნებრივი გუმბრინი	57,55	11,68	3,76	1,03	0,23	2,27	4,34	0,33	0,11	0,55	1,09	—	11,01	4,72
კატალიზატორი № 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,70	—	—
კატალიზატორი № 2	55,35	14,20	4,74	0,69	0,16	0,95	3,26	3,95	კვა-ლი	0,38	0,17	5,20	6,31	5,12
კატალიზატორი № 3	55,45	15,60	4,33	0,74	0,17	1,07	3,67	3,35	კვა-ლი	0,54	0,25	1,58	6,98	6,03

რეაქციის ჩასატარებლად კატალიზატორს ვამზადებდით ცილინდრის ფორმის აბების სახით დიამეტრით 3 მმ, სიმაღლით—4 მმ.

ნახშირწყალბადების გარდაქმნის ცდები ტარდებოდა გერეუსის ტიპის ელექტროლუმელში, რომელიც მომარაგებული იყო რეღეით და თერმორეგულატორით. ტემპერატურას ვზომავდით თერმორეგულირების საშუალებით. გარდასაქმნელი ნახშირწყალბადის მიწოდება რეაქტორში ხდებოდა ავტომატურად—სამედიცინო შპრიცისა და რეღუქტორის საშუალებით. რეაქტორად გამოყენებული იყო კვარცის მილი, სარეაქციო არეში მოთავსებული იყო 100 მლ კატალიზატორი.

მომდევნო ნახშირწყალბადზე ცდების დაწყების წინ ღუმელში კატალიზატორის ახალი ულუფა იტვირთებოდა. კატალიზატორ № 1 და № 2 აქტივობის შემცირება ხდებოდა 18—20 საათის, ხოლო № 3 კი—8 საათის მუშაობის შემდეგ. აქტივობის აღსადგენად ვახდენდით კატალიზატორის რეგენირებას 650°C ჰაერის ვატარებით 3 საათის განმავლობაში. კატალიზატორების № 1, № 2 და № 3 აღდგენა სწარმოებდა ტემპერატურის თანდათანობითი აწევით 600°C წყალბადის ნაკადში 6 საათის განმავლობაში, ხოლო შემდეგ 650°C ჰაერის ნაკადში 2 საათის განმავლობაში.

ჩვენ გამოვიკვლიეთ ნ. ჰექსანის, ნ. ჰეპტანის და ნ. ოქტანის გარდაქმნები სხვადასხვა მეთოდებით მომზადებული კატალიზატორების გამოყენებით. სამიზნო პროდუქტების გამოსავლის გაზრდის მიზნით ცდის სხვადასხვა პარამეტრებს ვცვლიდით.

ნ. ალკანების დეჰიდრირებისა და დეჰიდროციკლოზაციის რეაქციის ცდები ჩატარდა 500—560°C მოცულობითი სიჩქარით 0,35—1,0 საათი<sup>-1</sup>. ყოველი ცდის დამთავრების შემდეგ ღუმელში ვატარებდით აზოტს დარჩენილი კატალიზატის მოსაცილებლად. კატალიზის შედეგად მიღებული თხევადი პროდუქტები გროვდებოდა მიმღებში და კლავნილა დამჭერში. რომელიც ცივდებოდა ყინულისა და სუფრის მარილის ნარევით. რეაქციის შედეგად წარმოშობილი ირი აირმზომში გროვდებოდა.



კატალიზატორებზე № 1, № 2, და № 3 სულ ჩატარებული იყო 34 ცდები. ცდებში 1-დან 8-მდე გამოყენებული იყო კატალიზატორი № 1. როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ტემპერატურის აწევით 500—540°C მატულობს თხევადი ალკენების გამოსავალი. არომატული ნახშირწყალბადების გამოსავალი კი მატულობს 560°. რეაქციის ტემპერატურა 560° ზევით აღარ აგვიწევია, რადგან სამიზნო პროდუქტის—ალკენების—გამოსავალი მცირდებოდა. მოცულობითი სიჩქარის ცვლილებით 0,35—0,75 საათი<sup>-1</sup> ალკენების გამოსავალი იზრდება, ხოლო სიჩქარის შემდეგი გაზრდით 1,0 საათი<sup>-1</sup> კლებულობს.

ცდები 9-დან 26-მდე ჩატარდა № 2 კატალიზატორზე. ამ კატალიზატორზე ალკენების და არომატული ნახშირწყალბადების გამოსავალი № 1 კატალიზატორთან შედარებით იზრდება (იხ. ცხრილი 3).

ნახშირწყალბადების მოლეკულური წონის ზრდასთან ერთად იზრდება არომატული ნახშირწყალბადების გამოსავალი, ხოლო ალკენების რაოდენობა მცირდება. მოლეკულური წონის ზრდასთან ერთად კრეკინგს მეტი ხარისხით აქვს ადგილი.

რეაქციის შედეგად მიღებულ თხევად პროდუქტებში უნაჯერი ნახშირწყალბადების საერთო რაოდენობა ისახლვრებოდა კაუფმან-გალპერნის მეთოდის მიხედვით [12]. ალკენების პროცენტული რაოდენობის გამოსაანგარიშებლად განვესაზღვრეთ კატალიზატებს მოლეკულური წონა და ბრომის რიცხვი, მათი მხედველობაში მიღებით გამოვიანგარიშეთ ალკენების საერთო რაოდენობა.

ცხრილი 3

ცდის №	ნახშირწყალბადის დასახელება	ცდის ტემპერატურა, °C	მოცულობითი სიჩქარე, საათი <sup>-1</sup>	კატალიზატორის გამოსავალი % წონით	გამოსავალი % წონით		აირის რაოდენობა მლ 0° და 760 მმ	ცდის №	ნახშირწყალბადის დასახელება	ცდის ტემპერატურა, °C	მოცულობითი სიჩქარე, საათი <sup>-1</sup>	კატალიზატორის გამოსავალი % წონით	გამოსავალი % წონით		აირის რაოდენობა მლ 0° და 760 მმ
					ნახშირწყალბადი	ალკენები							არომატული	ალკენები	
1	6. C <sub>6</sub>	520	0,35	86,2	7,5	3,9	6143	18	6. C <sub>7</sub>	560	0,5	73,0	18,6	6,5	9024
2	"	540	0,35	85,3	9,6	5,8	7215	19	"	540	0,75	80,4	16,0	7,2	8195
3	"	560	0,35	77,1	12,8	5,4	8152	20	"	540	1,0	82,7	16,0	6,7	8005
4	"	540	0,5	86,8	9,0	6,0	7020	21	6. C <sub>8</sub>	500	0,5	83,2	15,1	5,4	7900
5	"	540	0,75	88,7	8,8	5,6	6986	22	"	520	0,5	79,4	18,4	6,5	8410
6	6. C <sub>7</sub>	520	0,5	80,4	8,9	4,0	6621	23	"	540	0,5	74,2	20,6	6,2	8982
7	"	540	0,5	78,5	12,4	5,1	7740	24	"	560	0,5	70,0	22,3	5,7	9517
8	"	560	0,5	71,9	14,5	4,2	8682	25	"	520	0,75	81,8	19,0	6,7	8236
9	6. C <sub>6</sub>	500	0,5	91,2	8,3	5,9	6295	26	"	520	1,0	82,2	18,2	6,0	8051
10	"	520	0,5	88,9	10,9	6,6	6980	27	6. C <sub>8</sub>	540	0,75	90,1	6,3	4,5	6120
11	"	540	0,5	85,9	13,9	8,6	7524	28	"	550	0,75	88,4	6,7	4,7	6232
12	"	560	0,5	78,8	15,2	6,3	8776	29	"	560	0,75	84,0	7,8	4,2	6591
13	"	540	0,75	86,9	13,6	9,2	7400	30	"	550	0,5	86,0	6,9	5,2	6345
14	"	540	1,0	88,0	13,1	8,4	7236	31	"	550	0,35	85,6	7,4	4,3	6483
15	6. C <sub>7</sub>	500	0,5	86,9	10,3	4,9	6830	32	"	540	0,75	85,0	16,1	7,9	—
16	"	520	0,5	82,7	14,0	6,1	8013	33	"	550	0,75	80,1	16,8	7,6	—
17	"	540	0,5	78,3	16,8	7,0	8419	34	"	540	0,75	80,3	15,3	6,2	—

კატალიზატის დასულფირებით და ალკენების რაოდენობის მხედველობაში მიღებით გამოვიანგარიშეთ არომატული ნახშირწყალბადების საერთო რაოდენობა. დადგენილია, რომ კატალიზატორი № 1 C—C ბმის გაწყვეტას უფრო მეტად ახდენს, ვიდრე კატალიზატორები № 2 და № 3.

ცდები №№ 4, 7, 13, 19, 25, 30, 32, სადაც მიღებული იყო თხევადი ალკენების მაქსიმალური რაოდენობა, ვიწრო ფრაქციებად გამოვხადეთ 52 თეორიული თევზის ეფექტურობის მქონე სვეტში. განუსაზღვრეთ ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები, რომლებიც მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

ცდის ნომერი	ვიწრო ფრაქციების დუ-ლილის ტემპ. °C	ვიწრო ფრაქციების გამოსავალი წონით %	უნაჯგური ნახშირწყალბადების რაოდენობა წონით %	არმატული ნახშირწყალბადების რაოდენობა წონით %	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
4	36-64	3,5	11,7	—	0,6332	1,3780
	64-68	7,6	60,9	—	0,6693	1,3879
	68-75	77,6	0,9	1,7	0,6634	1,3762
	75-81	11,2	0,5	81,5	0,8399	1,4918
7	36-68	3,19	4,3	—	0,6572	1,3825
	68-93	1,7	9,8	8,9	0,6858	1,3896
	93-98	6,9	57,5	2,4	0,6960	1,3959
	98-105	79,5	1,0	2,5	0,6875	1,3900
13	105-110	13,0	0,8	78,1	0,8510	1,4886
	36-64	1,7	15,5	—	0,6358	1,3785
	64-68	10,3	75,8	—	0,6725	1,3892
	68-75	72,9	1,2	1,8	0,6630	1,3755
19	75-81	15,1	0,7	79,7	0,8689	1,4900
	36-68	3,0	2,4	—	0,6565	1,3812
	68-93	2,5	14,3	8,1	0,6865	1,3899
	93-98	9,1	69,5	1,8	0,6982	1,3970
25	98-105	70,0	1,2	2,7	0,6880	1,3910
	105-110	15,4	0,6	87,2	0,8635	1,4940
	64-93	3,6	4,4	2,7	0,6715	1,3980
	93-98	4,2	6,9	1,1	0,6866	1,3920
30	98-110	3,8	10,5	5,9	0,6890	1,3985
	110-125	67,2	7,8	2,6	0,7135	1,4190
	125-145	20,6	2,2	75,0	0,8635	1,4920
	36-64	1,1	17,9	—	0,6346	1,3785
32	64-68	5,3	68,1	—	0,6692	1,3879
	68-75	83,5	1,2	0,9	0,6637	1,3754
	75-81	10,1	0,5	49,9	0,8510	1,4835
	36-64	2,0	16,4	—	0,6335	1,3796
32	64-68	8,9	65,8	—	0,6583	1,3885
	68-75	68,0	1,6	1,9	0,6610	1,3765
	75-81	21,1	0,8	78,4	0,8710	1,4926

აიროვანი პროდუქტების ანალიზს ვახდენდით XJI-3 ტიპის აირთხევად ქრომატოგრაფზე იმ წესით, როგორც წინა შრომაშია [13] აღწერილი. აირში დიდი რაოდენობით არის წყალბადი 75—95,3%, რაც დეჰიდრირების და დეჰიდროციკლიზაციის რეაქციებზე მიუთითებს.

ნ. ჰექსანის გარდაქმნით, № 1, № 2 და № 3 კატალიზატორებზე, მიღებული აირის ანალიზის შედეგებს თუ შევადარებთ, შევამჩნევთ, რომ მეთანი და ეთანი სჭარბობს იმ აირში, რომელიც მიღებულია კატალიზატორ № 1 მონაწილეობით, რაც ერთხელ კიდევ ადასტურებს კატალიზატორ № 1 ნაკლები სელექტურობის უნარს დეჰიდრირების რეაქციისადმი. ხოლო კატალიზატორ № 3 მონაწილეობით მიღებული აირის ანალიზით დადგენილია, რომ ის ძირითადად წყალბადისაგან შედგება. ეს მონაცემები ადასტურებს კატალიზატორ № 3 დეჰიდრირების უნარს.



მე-4 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ ნ. ალკანების დეჰიდროციკლიზაციით მიღებული არომატული ნახშირწყალბადები ძირითადად იმდენსავე ნახშირბად ატომს შეიცავენ, რამდენიც გარდასაქმნელ ნახშირწყალბადს ჰქონდა.

ჩვენ განვიზრახეთ ნ. ალკანების გარდაქმნეში შეგვეწავლა კატალიზატორში ქრომის რაოდენობის შემცირების გავლენა. როგორც ცდებმა №№ 27—31 გვიჩვენეს, ქრომის შემცირებით 5,20%-დან (კატალიზატორი № 2), 1,58%-მდე (კატალიზატორი № 3) აიროვანი ნახშირწყალბადები მცირე რაოდენობით წარმოიქმნებიან. კატალიზატორ № 3 მოქმედების ხანგრძლივობა 2,5-ჯერ მცირდება კატალიზატორ № 2-თან შედარებით.

ცხრილი 5

გამოყოფილი ნ. პარაფინების იზომერიზაციის შედეგები გააქტივებულ გუმბრინზე

ცდის ნომერი	ნახშირწყალბადის დასახელება	ცდის ტემპერატურა, °C	გატარების სიჩქარე, ს.ათი-1	კატალიზატორის გამოსავალი % წიხით	არომატული და უნაჯერი ნახშირწყალბადების % წიხით კატალიზატორში	იზოლკანების % წიხით კატალიზატორში და არომატული ნახშირწყალბადების მიმართ	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$	მაქსიმალური ანილინის წერტილი
1	6. C <sub>6</sub>	400	0,05	93,7	0,9	4,6	0,6581	1,3720	60,5
2	"	420	0,05	91,2	0,9	5,3	0,6573	1,3695	60,9
3	"	430	0,05	88,6	1,1	6,2	0,6580	1,3700	60,7
4	"	450	0,05	84,9	1,3	9,6	0,6569	1,3689	61,0
5	"	470	0,05	80,3	1,7	8,1	0,6549	1,3676	61,3
6	"	450	0,025	83,4	1,5	8,0	0,6551	1,3668	60,9
7	"	450	0,10	86,3	0,9	7,2	0,6567	1,3672	61,0
8	6. C <sub>7</sub>	400	0,05	86,1	1,4	4,0	0,6802	1,3848	70,5
9	"	420	0,05	80,5	1,9	4,5	0,6790	1,3850	70,1
10	"	430	0,05	78,6	2,1	4,9	0,6785	1,3805	71,2
11	"	440	0,05	76,9	2,4	4,6	0,6772	1,3790	70,8
12	"	450	0,05	73,4	2,7	4,5	0,6765	1,3800	71,4

5. ალკანების გარდაქმნის რეაქციებში წნევის გავლენის გამოკვლევის მიზნით ცდები № 32 და 33 ჩავატარეთ 200 მმ წნევის ქვეშ № 2 კატალიზატორზე, ხოლო ცდა № 34—100 მ-ზე. გამოკვლევის შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში. როგორც შედეგებიდან ჩანს, წნევის შემცირება ამცირებს ალკანების გამოსავალს 1,3%-ით, ხოლო არომატული ნახშირწყალბადების გამოსავალს ზრდის 2,5%-ით ატმოსფერულ პირობებში ჩატარებულ ცდებთან შედარებით.

6. ალკანების გარდაქმნა შესწავლილია აგრეთვე გააქტივებული გუმბრინის მონაწილეობით ზემოთ აღწერილ დანადგარზე. ცდები ტარდებოდა 400—470°C ფარგლებში, წყალბადის არეში მოცულობითი სიჩქარით 0,025—0,05 ს.ათი-1. რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტები — უნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადები გამოვიკვლიეთ ზემოთ აღწერილის ანალიტიკურად. დეარმატიზირებული კატალიზატის შესწავლა ჩატარდა ინფრაწითელი სპექტრების საშუალებით. საწყისი ნახშირწყალბადების სპექტრის შედარებამ მის კატალიზატებთან გვიჩვენა, რომ კატალიზატში CH<sub>3</sub> ჯგუფის ვალენტური რხევების ხაზე-

ბის ინტენსივობის ფარდობა CH<sub>2</sub> ჯგუფის რხევებთან  $\left(\frac{JCH_3}{JCH_2}\right)$  გაზრდილია საწყის ნახშირწყალბადთან შედარებით, რაც იზომერიზაციის რეაქციაზე მიუთითებს.

იზოალკანების რაოდენობის დასადგენად გამოვიყენეთ CaA ფორმის სინთეზური ცეოლითი. ნ. ალკანების გამოყოფა ხდებოდა იმავე წესით, როგორც ეს წინა შრომაშია [13] აღწერილი. კატალიზატორიდან ნ. ალკანების ადსორბციის დროს ნახშირწყალბადის მოლეკულური წონის ზრდასთან ერთად ვზრდით ტემპერატურას, რომელიც 20°C მეტი იყო ნახშირწყალბადის დუღილის ტემპერატურაზე.

გამოკვლევის შედეგები მოცემულია მე-5 ცხრილში. როგორც გამოკვლევამ გვიჩვენა (ცხრილი 5), იზოალკანების მაქსიმალური რაოდენობა (9,6%) მიღებულია № 4 ცდაში. არაადსორბირებული ნახშირწყალბადების ანალიზი ჩატარდა აირ-თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით. საანალიზო პროდუქტში აღმოჩნდა შემდეგი ნახშირწყალბადები: 2-მეთილპენტანი—51,5%, 3-მეთილპენტანი—36,9%, 2,3-დიმეთილბუთანი—4,5%, 2,2-დიმეთილბუთანი—3,5%, ნ. პენტანი—0,3%, ნ. ჰექსანი—3,5%.

ნ. ჰექსანის იზომერიზაციის ცდები ჩატარდა იმავე კატალიზატორზე. გამოკვლევის შედეგად ნაჩვენებია, რომ იზოალკანების ჭამური გამოსავალი ამ შემთხვევაში ნაკლებია, ვიდრე ნ. ჰექსანის იზომერიზების დროს, რაც შეიძლება აიხსნას ნახშირწყალბადის მოლეკულის წონისა და მისი თერმიული მდგრადობის გავლენით.

### დასკვნები

1. ორი სხვადასხვა მეთოდით მიღებული კატალიზატორი გამოკვლეულია დეჰიდრირებისა და დეჰიდროციკლიზაციის რეაქციებში. უკეთეს შედეგებს იძლევა იონგაცვლითი ვზით მიღებული ქრომის კატალიზატორი.
2. გარდაქმნელი ნახშირწყალბადის მოლეკულური წონის ზრდასთან ერთად (C<sub>6</sub>—C<sub>8</sub>-მდე) კატალიზატორში ალკენების გამოსავალი კლებულობს 9,2%-დან 6,7%-მდე, ხოლო არომატული ნახშირწყალბადების რაოდენობა მატულობს 8,5%-დან 22,3%-მდე.
3. ქრომის რაოდენობის შემცირება კატალიზატორში იწვევს მისი სელექტიურობის ზრდას, ხოლო მოქმედების ხანგრძლივობის შემცირებას. წნევის შემცირება იწვევს არომატული ნახშირწყალბადების ზრდას კატალიზატორში.
4. ნ. ჰექსანის იზომერიზებით გააქტივებულ გუმბრინზე მიღებულია 9,6% იზოალკანები, ხოლო ნ. ჰექსანის შემთხვევაში—4,9%.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ბ. მელიქიშვილის სახელობის

ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 12.10.1965)

**ХИМИЯ**

Х. И. АРЕШИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР), Г. О. ЧИВАДЗЕ

## ПРЕВРАЩЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИМ ЦЕОЛИТОМ ВЫДЕЛЕННЫХ Н. АЛКАНОВ НА ГУМБРИНЕ, ОБРАБОТАННОМ СОЛЯНОЙ КИСЛОТОЙ И ХЛОРИСТЫМ ХРОМОМ

### Резюме

Нефтехимический синтез и высококачественные топлива требуют в большом количестве алкенов, изоалканов и ароматических углеводов. Получение их каталитическим превращением н. алканов диктуется интересами народного хозяйства.

Исходные углеводороды выделены из туркменского бензина при помощи синтетического цеолита СаА. Смесь выделенных н. алканов  $C_6-C_8$  фракционировалась на колонке эффективностью 52 теоретических тарелок. В реакциях применялись активированный гумбрин, гумбрин, пропитанный хлористым хромом, и катализаторы, полученные ионообменным методом.

Алкены и ароматические углеводороды получались лучшими выходами на катализаторе, приготовленном ионообменным методом. Из н. гексана при  $540^{\circ}C$  и объемной скорости  $0,75 \text{ час}^{-1}$  получается  $9,2\%$  гексенов и  $13,6\%$  бензола.

Проведена изомеризация н. алканов на активированном гумбрине. Лучшие выходы изоалканов ( $9,6\%$ ) получают при  $450^{\circ}C$  и объемной скорости  $0,05 \text{ час}^{-1}$ . Полученные катализаторы анализировались при помощи газо-жидкостной хроматографии.

#### დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. X. И. Арешидзе, Т. Н. Чарквиани и Б. М. Шония. Дегидроциклизация 2,5-диметилгексана в присутствии гумбрина. Программа конференции по органическому катализу, М., 1959, 53.
2. Б. Л. Молдавский и Г. Д. Камушер. Каталитическая циклизация углеводородов жирного ряда. ДАН СССР, 1, № 9, 1936, 343.
3. С. Р. Сергиенко. Дисс., М., 1946.
4. Н. И. Шуйкин, Е. А. Тимофеева, Т. П. Добринина, Ю. Н. Плотников, Г. С. Петряева и В. М. Клейманова. Превращение н. алканов состава  $C_6-C_9$  в присутствии алюмохромокалиевого катализатора. Изв. АН СССР, ОХН, № 7, 1958, 896.
5. А. А. Введенский. Термодинамические расчеты процессов топливной промышленности. Л. — М., Гостоптехиздат, 1960.
6. Н. И. Шуйкин, Е. А. Тимофеева, Ю. Н. Плотников, Т. П. Добринина, Г. С. Петряева, В. С. Смирнов. Получение алкенов состава  $C_6-C_{10}$  каталитическим дегидрированием алканов. Нефтехимия, 2, № 4, 1962, 457.
7. ქრ. არეშიძე და ელ. ჩეჩინაშვილი. ნ. ოქტანის იზომერიზება გააქტივებული გუმბრინის მონაწილეობით. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის ინსტიტუტის შრომები, 12, 1956, 93.
8. H. Kögler, S. Quek, H. Wagner und G. Weidenbach. Isomerisierung von Leichtbenzin mit promotierten Reforming-Katalysatoren. Chem. Tech., 14, № 10, 1962, 596.
9. Н. И. Шуйкин, Н. Г. Бекаури и Т. С. Шакарашвили. Контактно-каталитические превращения н. гексадекана в присутствии гумбрина. Изв. АН СССР, ОХН, № 1, 1959, 110.
10. გ. ჩივაძე, მიზხანას ბენზინის ანტიდეტონაციური თვისებების გაუმჯობესება მოლეკულური საცრების საშუალებით. ასპირანტა და ახალგაზრდა მეცნიერ-მუშაკთა XIV სამეცნიერო კონფერენცია, 1964, 5.
11. P. D. Оболонцев. Физические константы углеводородов жидких топлив и масел. М. — Л., Гостоптехиздат, 1953.
12. Г. Д. Гальперн. Бромометрический анализ. Труды Ин-та нефти АН СССР, 4, 1954, 141.
13. ქრ. არეშიძე და გ. ჩივაძე. ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის პროდუქტის პირობები მონაწიერების მიღების მიზნით. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. XXIX, 1965, 59.

Г. Е. КАЧЕИШВИЛИ, Н. И. ПИРЦХАЛАВА, Г. Д. ДЖИОШВИЛИ

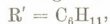
## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БОРТРИАЛКИЛОВ С ЦИКЛОГЕКСИЛМАГНИЙБРОМИДОМ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 19.4.1965)

К числу соединений, в которых бор связан с различными алкильными радикалами, можно отнести борсодержащие гетероциклические соединения: 1-бутилборциклопентан и 1-бутилборциклогексан [1]. Аналогичные фенильные производные этих же гетероциклов получены Торселем из фенилбордифторила и дилитиевых производных соответствующих углеводородов.

Наши предыдущие исследования показали, что взаимодействием бортриалкилов с арилмагнийбромидом получают алкиларилсодержащие борорганические соединения [2, 3].

В настоящей работе изложены результаты по синтезу алкилциклогексилсодержащих борорганических соединений путем взаимодействия бортриалкилов с циклогексилмагнийбромидом. При этом реакция протекает по схеме



### Экспериментальная часть

Для получения *n*-пропилдициклогексилбора к 30,2 г эфирного раствора циклогексилмагнийбромида в токе сухого, чистого азота при быстром перемешивании в течение 6 часов в условиях комнатной температуры постепенно прибавлялось 14,0 г эфирного раствора три-*n*-пропилбора. Реакция протекала экзотермично, и температура достигала 40°C.

Полученная реакционная смесь разлагалась 10% соляной кислотой, эфирный слой отделялся, и водный слой несколько раз экстрагировался эфиром. После сушки хлористым кальцием из соединенных эфирных вытяжек отгонялся эфир, и остаток перегонялся в вакууме.

Аналогично синтезировались *изо*-пропилдициклогексилбор, *n*-бутилдициклогексилбор, *изо*-бутилдициклогексилбор, *n*-амилдициклогексилбор и *изо*-амилдициклогексилбор.

## Физико-химические свойства и элементарный состав алкилциклогексильных борорганических соединений

№ п/п	Соединения	Выход в %	Т. кип. (Р в мм)	$n_D^{20}$	$d_{20}^{40}$	MR <sub>D</sub>		Найдено, %			Формула	Вычислено, %		
						найдено	вычислено	С	Н	В		С	Н	В
1	н-Пропилдициклогексилбор	40	70(2)	1,4360	0,8480	71,04	70,79	81,60	13,25	5,20	C <sub>13</sub> H <sub>29</sub> B	81,36	13,18	5,00
2	изо-Пропилдициклогексилбор	32	115(4)	1,4400	0,8406	69,78	70,79	81,45	13,06	5,41	C <sub>22</sub> H <sub>43</sub> B	81,36	13,18	5,00
3	н-Бутилдициклогексилбор	45	100(3)	1,4250	0,8333	78,12	76,45	81,65	12,92	4,85	C <sub>16</sub> H <sub>31</sub> B	82,05	13,25	4,70
4	изо-Бутилдициклогексилбор	36	95(2)	1,4275	0,8058	77,60	76,45	82,31	13,26	4,48	C <sub>16</sub> H <sub>31</sub> B	82,05	13,25	4,70
5	н-Амилдициклогексилбор	39	130(3)	1,4520	0,8502	80,12	80,98	82,21	13,17	4,56	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> B	82,26	13,30	4,48
6	изо-Амилдициклогексилбор	35	120(2)	1,4380	0,8140	80,03	80,98	82,13	13,57	4,27	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> B	82,26	13,30	4,48

Результаты исследования некоторых физико-химических свойств этих соединений даются в таблице.

Выводы

1. Установлено, что при взаимодействии бортриалкилов с циклогексилмагнийбромидом в условиях комнатной температуры получают алкилдициклогексильные борорганические соединения типа  $R'_2BR$ , где  $R' = C_6H_{11}$ ,  $R = n-C_3H_7$ ,  $изо-C_3H_7$ ,  $n-C_4H_9$ ,  $изо-C_4H_9$ ,  $n-C_5H_{11}$ ,  $изо-C_5H_{11}$ .

2. Впервые синтезированы и исследованы *n*-бутилдициклогексилбор, *изо*-бутилдициклогексилбор, *n*-амилдициклогексилбор, *изо*-амилдициклогексилбор, *n*-пропилдициклогексилбор и *изо*-пропилдициклогексилбор.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 19.4.1965)

3030

ბ. შაბუნიძე, ნ. ფიცხალავა, ბ. ჯიშვილი

ბორტრიალკილების ურთიერთქმედება  
 ციკლოპექსილმაგნიუმბრომიდთან

რეზიუმე

დადგენილია, რომ ბორტრიალკილებსა და ციკლოპექსილმაგნიუმბრომიდს შორის რეაქციის შედეგად ოთახის ტემპერატურის პირობებში მიიღება  $R'_2BR$  ტიპის ალკილდიციკლოპექსილ შემცველი ბორორგანული შენაერთები, სადაც  $R'_1 = C_6H_{11}$ ;  $R = n-C_3H_7$ ;  $იზო-C_3H_7$ ;  $n-C_4H_9$ ;  $იზო-C_4H_9$ ;  $n-C_5H_{11}$ ;  $იზო-C_5H_{11}$ .

ჩვენ მიერ პირველადაა სინთეზირებული და შესწავლილი: *n*-პროპილდიციკლოპექსილბორი, *იზო*-პროპილდიციკლოპექსილბორი, *n*-ბუთილდიციკლოპექსილბორი, *იზო*-ბუთილდიციკლოპექსილბორი, *n*-ამილდიციკლოპექსილბორი და *იზო*-ამილდიციკლოპექსილბორი.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Беламм. Инфракрасные спектры молекул. ИЛ, М., 1957.
2. Г. Е. Качейшвили, Н. И. Пирцхალავა, Г. Д. Джиошвили. Реакция бортриалкилов с фенилмагнийбромидом. ЖОХ, 34, 1964, 2910.
3. Г. Е. Качейшвили, Н. И. Пирцхალავა, Г. Д. Джиошвили. Реакция бортриалкилов с бензилмагнийбромидом. ЖОХ, 35, 1965, 484.

ХИМИЯ

М. С. МЕРАБИШВИЛИ, Т. В. ПАНЦУЛАЯ, Т. Н. БЕГИАШВИЛИ  
 К ВОПРОСУ ВСКРЫТИЯ АНАЛЬЦИМОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ  
 СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 4.5.1965)

Проведенная нами в КИМСе работа имела целью выяснить возможность вскрытия анальцимовых песчаников Западной Грузии серной кислотой с получением сульфата алюминия и квасцов.

Химический состав и кривая нагревания характерной пробы анальцимовых песчаников даны в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Химический состав анальцимовых песчаников

$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	$Na_2O$	$K_2O$	S	$TiO_2$	$P_2O_5$	CaO	MgO	п.п.п.	Влага
13,27	7,20	48,12	6,75	1,30	0,69	0,98	0,18	1,98	1,46	10,58	1,78

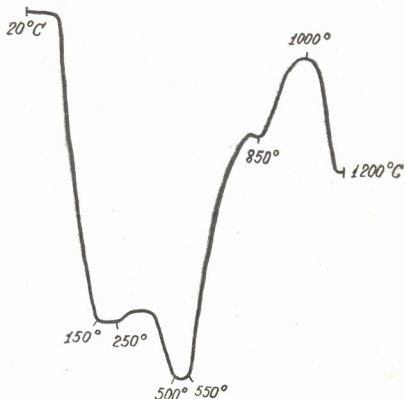


Рис. 1. Кривая нагревания анальцимового песчаника

Отмеченный на термограмме (рис. 1) эндотермический эффект при температуре 500—550° является характерным для минерала анальцима  $Na [AlSi_2O_6] \cdot H_2O$  или  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$  [1] и указывает на его присутствие в данной пробе в значительном количестве.



Для изучения вскрытия анальцимовых песчаников серной кислотой брались природные и обожженные пробы. Кислотная обработка производилась при температуре 90—100°C. В полученном фильтрате определяли: алюминий — объемным методом [2], железо и силиций — колориметрированием, натрий и калий — пламенной фотометрией. Степень вскрытия анальцима определялась по количеству  $Al_2O_3$ , перешедшего в раствор.

В табл. 2 приведены результаты обработки необожженного анальцима серной кислотой разной концентрации. Для вскрытия взятой пробы анальцима теоретически необходимо 90% моногидрата от веса навески. В данной серии опытов избыток серной кислоты составил около 20%, продолжительность выщелачивания 2 часа, тонина помола 2 мм.

Таблица 2  
Влияние концентрации серной кислоты на вскрытие необожженного анальцима

Концентрация $H_2SO_4$ в %	Перешло в раствор в % от веса навески		Степень вскрытия в %
	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	
20	10,68	5,5	58,70
40	11,16	5,07	62,00
60	11,08	5,25	60,90
70	10,4	5,06	57,70
94	4,08	3,96	22,4

Увеличение времени контактирования с кислотой до 6 часов несколько повышает степень вскрытия анальцима и дает возможность извлечь 63,5%  $Al_2O_3$ .

В следующей серии опытов была изменена температура выщелачивания анальцима серной кислотой (табл. 3). Выяснилось, что с повышением температуры выщелачивания разложение происходит глубже. Это позволяет увеличить степень вскрытия анальцима до 70%.

Таблица 3  
Вскрытие необожженного анальцима при температуре выщелачивания 150°C

Концентрация $H_2SO_4$ в %	Перешло в раствор в % от веса навески			Степень вскрытия в %	pH фильтрата
	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$Na_2O + K_2O$		
40	12,72	6,38	5,01	70	2
60	11,15	5,91	5,01	61	2
70	10,22	5,19	5,18	5,6	1

Влияние температуры обжига анальцима на его вскрытие показано на рис. 2. Повышение температуры обжига увеличивает количество кислоторастворимой формы  $Al_2O_3$  (рис. 2, кривая 1), однако выше 700°C наблюдается резкое уменьшение степени извлечения глинозема. Увеличение времени обжига при температуре 600°C не приводит к изменению, при 700°C и выше вызывает уменьшение, а при 500°C — по-



вышение количества кислоторастворимой формы  $Al_2O_3$  (рис. 2, кривая 5).

Сопоставление данных табл. 2 и 3 и рис. 2 показывает, что извлечение  $Al_2O_3$  в обожженных при оптимальной температуре пробах выше, чем в необожженных. Увеличение степени извлечения окиси алюминия после обжига не является следствием термического разрушения кристаллической решетки, так как в чистом минерале в интервале температур 400—700°C каких-либо изменений в структуре не наблюдается [1].

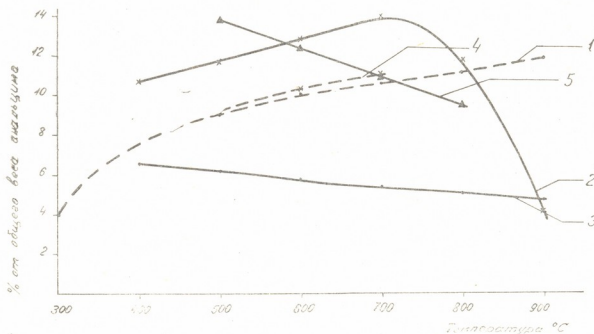


Рис. 2. Влияние температуры на вскрытие аналцима. 1 и 4 — потери в весе при прокаливании в течение 1 и 4 часов; 2 и 5 — количество  $Al_2O_3$ , перешедшей в раствор при прокаливании в течение 1 и 4 часов; 3 — количество  $Fe_2O_3$ , перешедшей в раствор при прокаливании в течение 1 час

Надо полагать, что отмеченный эффект вызван увеличением поверхности раздела фаз вследствие выгорания углистого сланца, цементирующего вещества мелких крупинок аналцима, размер которых в шлифе меняется в пределах от 0,03 до 0,35 мм [3].

На относительную скорость и глубину реакции взаимодействия обожженного аналцима с серной кислотой разной концентрации указывают кривые 1, 2, 3 (рис. 3), снятые в адиабатических условиях.

Уменьшение скорости взаимодействия при концентрации, отвечающей максимальной температуре, можно объяснить диффузионным торможением образовавшейся на поверхности частиц пленки сульфата алюминия, растворимость которого, как известно, падает с увеличением содержания моногидрата в растворе.

Данные 6-часовой обработки обожженного при температуре 700°C аналцима кислотой разной концентрации, соответствующей оптимальному количеству моногидрата — 110% от веса навески (табл. 4), показывают, что при продолжительном взаимодействии реагирующих веществ не наблюдается резких изменений перехода в раствор.

Установлено также, что увеличение продолжительности обработки аналцима кислотой свыше 2 часов практического значения не имеет, а повышение температуры выщелачивания до 150°C позволяет увеличить степень вскрытия до 85%.

На термокривой твердого остатка, полученного после выщелачивания навески в оптимальных условиях, не фиксируется характерный эндотермический эффект при температуре 500—550°C.

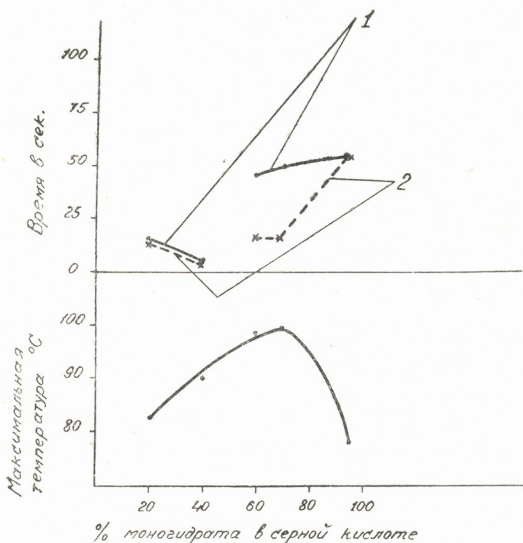


Рис. 3. Влияние концентрации серной кислоты на вскрытие анальцима: 1—время достижения максимальной температуры, 2—время увеличения первоначальной температуры на 15°C

Наличие ~ 3% окиси алюминия в твердом остатке после выщелачивания следует отнести к другим трудновскрываемым минералам (полевой шпат, слюда, и др.), сопутствующим анальциму.

Таблица 4  
Влияние концентрации серной кислоты на вскрытие обожженного анальцима

Концентрация $H_2SO_4$ в %	Перешло в раствор в % от веса навески				Степень вскрытия в %
	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	$Na_2O + K_2O$	
20	13,93	5,13	следи	4,48	76
40	14,50	7,07	"	6,60	79
60	14,50	7,25	"	6,65	79
70	14,50	5,60	"	7,00	79
94	5,00	5,00	"	—	27

Из данных табл. 2, 3, 4 и рис. 2 видно, что присутствующее в пробе железо почти полностью переходит в раствор, что делает невозможным прямую кристаллизацию сульфата алюминия. Полнота разделения по-

Рис. 4. Кривая нагревания остатка после кислотной обработки аналцимовых песчаников



луторных окислов при pH 2÷3 для данного случая оказалась вполне приемлемой. Готовый продукт после осаждения содержит не более 0,02% железа в виде окиси, что полностью удовлетворяет требованиям технических условий на сернокислый глинозем и калий алюминиевых квасцов.

Обработка полученного фильтрата, содержащего в основном сульфаты алюминия и натрия, соответствующим количеством хлористого калия позволит полностью перевести сернокислый глинозем в кали-алюминиевые квасцы, отделение которых от образовавшегося в процессе конверсии NaCl дробной кристаллизацией вполне возможно.

Для вскрытия аналцимовых песчаников после соответствующей корректировки по моногидрату можно использовать отход производства активированного бентонита — отработанную серную кислоту примерно следующего состава:  $H_2SO_4$  — 16%,  $Al_2O_3$  — 2%,  $Fe_2O_3$  — 0,4%. Расположение месторождений аналцимовых песчаников и бентонитовых глин Западной Грузии делает вполне возможной такую увязку производства этих двух весьма важных для народного хозяйства продуктов.

Организация комплексной переработки указанных полезных ископаемых может дать большой экономический эффект.

Кавказский институт минерального сырья  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 4.5.1965)

ამიბი

მ. მირაზიშვილი, თ. ჯანაშვილი, თ. ბაგიაშვილი

ანალციმიანი ქვიშაქვის გოგირდშავით გახსნის საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომში მიზნად დავისახეთ ალუმინის სულფატისა და შაბის მისაღებად დასავლეთ საქართველოს ანალციმიანი ქვიშაქვის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენა.

შეაფურო დამუშავება ჩატარდა ანალციმის გამოუწვავ და გამომწვარ სინჯებზე 90—100°C ტემპერატურის პირობებში. ანალციმის გახსნის ხარისხი ისაზღვრებოდა ხსნარში გადასული  $Al_2O_3$  რაოდენობით.

გამოუწვავი ანალციმის 40%-იანი გოგირდშავით დამუშავების დროს 6 საათის განმავლობაში გახსნის ხარისხი შეადგენს 63,5%-ს, ხოლო გამოტუტვის ტემპერატურის 150°-მდე აწევისას იგი აღწევს 70%-ს.



გამომწვარი სინჯებისათვის ოპტიმალურ პირობად ითვლება: გამოწვის ტემპერატურა— $700^{\circ}\text{C}$ , ხანგრძლივობა—1საათი, მყავის კონცენტრაცია—40%, მონოჰიდრატის სიჭარბის კოეფიციენტი—1,2, გამოტუტვის ხანგრძლივობა—2 საათი—აღნიშნულ პირობებში ანალციმის გახსნის ხარისხი შეადგენს 79%-ს, რაც  $150^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის პირობებში გამოტუტვისას 85%-მდე იზრდება.

ანალციმის გახსნის ხარისხის გაზრდა გამომწვარი სინჯების შემთხვევაში არ შეიძლება აიხსნას მისი კრისტალური მესერის თერმიული დაშლით, ვინაიდან  $400-700^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ ინტერვალში სუფთა მინერალის სტრუქტურაში არავითარი ცვლილება არ აღინიშნება [1]. როგორც ჩანს, აღნიშნული ეფექტი გამოწვეულია ფაზათა შეხების ზედაპირის გაზრდით ანალციმის მარცვალთა მაცემენტებელი ნახშიროვანი ფიქალის [3] ამოწვის გამო.

ოპტიმალურ პირობებში დამუშავებული გამომწვარი ანალციმის მშრალი ნაშთი შეიცავს 3%-მდე ალუმინის ქანგს, რაც ანალციმთან სხვა ძნელადხსნადი მინერალების (მინდვრის შპატი, ქარსები და სხვა) თანაობით უნდა აიხსნას, რადგან აღნიშნული ნარჩენის თერმიულ მრუდზე ანალციმისათვის დამახასიათებელი ენდოთერმული ეფექტი არ აღინიშნა.

ანალციმის გოგირდმყავით დამუშავების დროს მასში შემცავი რკინის ქანგი თითქმის სრულად გადადის ხსნარში. განხილული შემთხვევისათვის დამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა ერთნახევარი ქანგეულების დაცილების სისრულე pH 2—3 პირობებში. პროდუქტი შეიცავს 0,02%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , რაც სავსებით აკმაყოფილებს ტექნიკურ მოთხოვნებს ალუმინის სულფატზე და კალციუმ-ალუმინის შაბზე.

დამუშავება მიღებული ფილტრატისა, რაც ძირითადად ალუმინისა და ნატრიუმის სულფატისაგან შედგება, სათანადო რაოდენობის კალიუმის ქლორიდით, საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ კალიუმ-ალუმინის შაბი, რომელიც კრისტალიზაციით ადვილად დაცილდება კონვერსიის დროს წარმოქმნილ  $\text{NaCl}$ .

ანალციმის დასამუშავებლად, მონოჰიდრატით სათანადო კორექტირების შემდეგ, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აქტივირებული ბენტონიტის წარმოების ნარჩენი—გოგირდმყავა, რომელიც შეიცავს  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — 16%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 2%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 4%. დასავლეთ საქართველოში ანალციმინი ქვიშაქვისა და ბენტონიტური თიხის საბადოთა განლაგება საშუალებას იძლევა ამ ორი მნიშვნელოვანი პროდუქტის კომპლექსური წარმოებისათვის.

#### დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. В. Ражкова, К. С. Ершова, Н. И. Андрусенко. О воде в цеолитах Минеральное сырье, ВИМС, вып. 6, 1962, 23.
2. Методы химического анализа минерального сырья. ВИМС, вып. 3, 1957, 5.
3. Г. С. Дзоценидзе. Анализим осадочного происхождения из батских углистых сланцев окрестностей г. Кутаиси. Сообщения АН ГССР, IV, 10, 1943, 993.

М. Е. МОДЕБАДЗЕ, Е. Г. ДАВИТАШВИЛИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ $YCl_3$ С $Rb_2C_2O_4$ И $Cs_2C_2O_4$ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 8.2.1966)

В предыдущих статьях [1, 2] сообщалось об исследовании взаимодействия в системах типа  $YCl_3 - Me_2C_2O_4 - H_2O$  (где  $Me = Li, Na, NH_4$  и  $K$ ). Эти исследования дали возможность установить зависимость реакции образования простых и комплексных оксалатов иттрия и пределов устойчивости этих соединений от природы щелочного металла исходного оксалата по ряду  $Li \rightarrow K$ .

Казалось интересным продолжить исследования взаимодействия хлорида иттрия с оксалатами последних членов ряда щелочных металлов и проследить, как скажется последующее изменение объема одновалентного катиона на состав образующихся соединений.

С этой целью в данной работе методами физико-химического анализа изучены системы  $YCl_3 - Rb_2C_2O_4 - H_2O$  и  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$ , которые до сих пор никем не исследовались.

В процессе работы применялись методы растворимости, измерения рН и аналитического определения состава осадков. Вновь полученные соединения исследованы методами термогравиметрии и рентгенографии<sup>(1)</sup>.

Методика исследования, анализа растворов и твердых фаз описана в сообщении [1].

Исходные растворы хлорида иттрия и оксалата цезия готовились путем растворения продажных реактивов  $YCl_3 \cdot 6H_2O$  (х. ч.) и  $Cs_2C_2O_4 \cdot H_2O$  (ч. д. а.) в воде. Оксалат рубидия был получен нейтрализацией углекислого рубидия рассчитанным количеством щавелевой кислоты. Анализом был установлен состав соли, отвечающей формуле  $Rb_2C_2O_4 \cdot H_2O$ .

### Система $YCl_3 - Rb_2C_2O_4 - H_2O$

Результаты исследования системы  $YCl_3 - Rb_2C_2O_4 - H_2O$  методом растворимости и измерения рН помещены в табл. 1 и изображены на рис. 1—3.

<sup>(1)</sup> Термический анализ выполнен Т. В. Батишвили в термической лаборатории при отделе минералогии Геологического института АН ГССР, а рентгенографический — П. А. Геджадзе в лаборатории физической химии Института физической и органической химии АН ГССР.



Из данных таблицы следует, что в интервале отношений  $C_2O_4^{2-}:Y^{3+}$  в исходной смеси (в дальнейшем это отношение будет обозначаться через  $n$ ) от 0,25 до 1,25 вводимый в систему  $Rb_2C_2O_4$  осаждают иттрий в виде нормальной соли состава  $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot 10H_2O$  (с отношением  $C_2O_4^{2-}:Y^{3+} = 1,5$ ). При дальнейшем увеличении оксалата рубидия в количестве, эквивалентном иттрию ( $n = 1,5$ ), в растворе еще обнаруживается около 8% иттрия, тогда как  $C_2O_4^{2-}$  полностью выпадает в осадок. Полное осаждение иттрия происходит при значениях  $n = 2$ ,

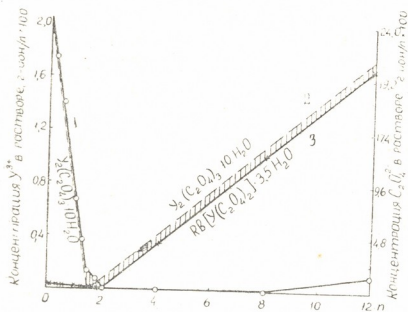


Рис. 1. Изменение концентрации  $Y^{3+}$  (o) и  $C_2O_4^{2-}$  (x) в системе  $YCl_3-Rb_2C_2O_4-H_2O$

после чего в равновесных растворах появляется избыточное количество ионов  $C_2O_4^{2-}$ . Из этого следует, что при  $n > 1,25$  начинается вторая стадия реакции, заключающаяся во внедрении  $Rb_2C_2O_4$  в осадок оксалата иттрия, в связи с чем отношение  $C_2O_4^{2-}:Y^{3+}$  в осадке в эквивалентной точке не равно 1,5, а превосходит эту величину. Внедрение оксалата рубидия заканчивается при  $n = 2$  с образованием соединений состава  $Rb[Y(C_2O_4)_2]$ . Дальнейшее увеличение концентрации  $Rb_2C_2O_4$  в исходной смеси до  $n = 16$  хотя и не приводит к изменению состава осадка, но способствует его растворению.

Цифровые данные табл. 1 в более наглядной форме представлены в графическом изображении на рис. 1. Как видно из рисунка, вначале до  $n \approx 1,25$  направление экспериментальной кривой осаждения иттрия совпадает с теоретической линией (пунктир), отвечающей образованию  $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot 10H_2O$ . В дальнейшем при

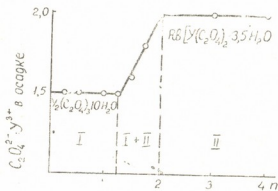


Рис. 2. Изменение состава осадка в системе  $YCl_3-Rb_2C_2O_4-H_2O$

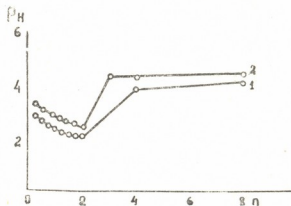


Рис. 3. pH в системе  $YCl_3-Rb_2C_2O_4-H_2O$  (1) и в системе  $YCl_3-Cs_2C_2O_4-H_2O$  (2)

увеличении количества  $\text{Rb}_2\text{C}_2\text{O}_4$  до  $n > 1,25$  кривая отходит от линии  $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  благодаря внедрению избыточного количества оксалата рубидия и продолжает идти в ином направлении. При  $n = 2$  линия осаждения иттрия соприкасается с абсциссой в точке, отвечающей  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ . С дальнейшим увеличением  $n$  состав осадка не изменяется. Ступенчатое образование двух твердых фаз  $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$  и области их существования особенно отчетливо видно на рис. 2, где представлена зависимость состава твердой фазы от соотношений оксалата и иттрия в исходной смеси.

Таблица 1

Данные по растворимости в рН в системе  $\text{YCl}_3 - \text{Rb}_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{O}$  ( $25^\circ\text{C}$ )

В исходной смеси			В растворе над осадком, г-ион/л · 100		Выпало в осадок, г-ион/л · 100		Ионные отношения в осадке $\frac{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}{\text{Y}^{3+}}$	рН
$\text{Rb}_2\text{C}_2\text{O}_4$	г-ион/л · 100		$\text{Y}^{3+}$	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$\text{Y}^{3+}$	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$		
	$\text{YCl}_3$ (n)	$\text{Y}^{3+}$					$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	
0,25	2,00	0,50	1,67	—	0,33	0,50	0,51	2,95
0,50	2,00	1,00	1,34	—	0,66	1,00	1,51	2,60
0,75	2,00	1,50	1,02	—	0,98	1,50	1,51	2,50
1,0	2,00	2,00	0,68	—	1,32	2,00	1,51	2,30
1,25	2,00	2,50	0,37	—	1,63	2,50	1,53	2,20
1,50	2,00	3,00	0,16	—	1,84	3,00	1,63	2,10
1,75	2,00	3,50	0,09	—	1,91	3,50	1,83	2,10
2,00	2,00	4,00	—	—	2,00	4,00	2,00	2,10
4,00	2,00	8,00	—	4,06	2,00	3,94	1,97	3,90
8,00	2,00	16,00	—	12,02	2,00	3,98	1,99	4,15
12,00	2,00	24,00	0,12	20,09	1,88	3,91	2,08	4,25
16,00	2,00	32,00	0,14	28,13	1,86	3,87	2,08	4,30

Результаты исследования системы  $\text{YCl}_3 - \text{Rb}_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{O}$  методом измерения рН, представленные на рис. 3 (кривая I), показывают лишь один излом в точке  $n = 2$ , отвечающей осаждению соли состава  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ .

Анализ твердых фаз, выделенных при значениях  $n \cong 2$  до 16, подтверждает состав комплексной соли  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ , рассчитанной на основании анализа растворов (метод растворимости). Эти результаты приведены в табл. 3.

Система  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$ 

Результаты исследования этой системы, приведенные в табл. 2 и на рис. 3—5, показывают большое сходство в поведении рассматриваемой и предыдущей систем. Из данных табл. 2 видно, что в системе  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$  внедрение оксалата цезия в осадок нормального оксалата иттрия начинается

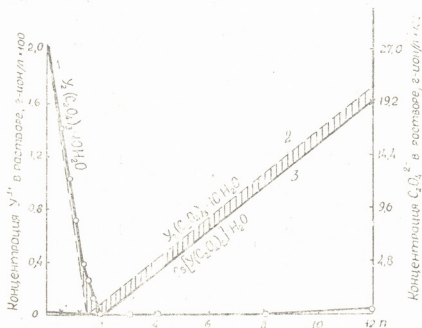


Рис. 4. Изменение концентрации  $Y^{2+}$  (o) и  $C_2O_4^{2-}$  (x) в системе  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$

При дальнейшем увеличении количества  $Cs_2C_2O_4$  концентрация иттрия в равновесном растворе продолжает уменьшаться, и при  $n=2$  иттрий в растворе уже не обнаруживается. Состав осадка в этой точке выражается формулой  $Cs[Y(C_2O_4)_2] \cdot H_2O$  и не изменяется при дальнейшем увеличении  $n$  до 18. Эти данные находятся в полном согласии с результатами химического анализа твердых фаз, выделенных из системы при значениях  $n \cong 2$  (табл. 3).

На рис. 4 наглядно видно, что в системе  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$  нормальный оксалат иттрия образуется только до  $n \cong 1,25$ . В дальнейшем кривая I отклоняется от теоретической линии осаждения  $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot 10 H_2O$  (пунктир) и соприкасается с абсциссой в точке, отвечающей  $Cs[Y(C_2O_4)_2] \cdot H_2O$ .

Измерение pH (рис. 3, кривая 2), так же как и в системе с  $Rb_2C_2O_4$ , показывает лишь один излом в точке  $n=2$ , отвечающей осаждению соли состава  $Cs[Y(C_2O_4)_2] \cdot H_2O$ .

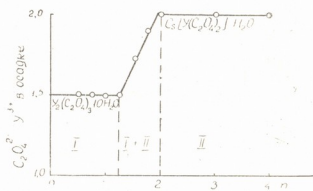


Рис. 5. Изменение состава осадка в системе  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$



Таблица 2

Данные по растворимости и pH в системе  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$  (25°C)

В исходной смеси			В растворе над осадком, г-ион/л · 100		Выпало в осадок, г-ион/л · 100		Ионные отношения в осадке $\frac{C_2O_4^{2-}}{Y^{3+}}$	pH
$Cs_2C_2O_4$	г-ион/л · 100		$Y^{3+}$	$C_2O_4^{2-}$	$Y^{3+}$	$C_2O_4^{2-}$		
$YCl_3$ (n)	$Y^{3+}$	$C_2O_4^{2-}$	$Y^{3+}$	$C_2O_4^{2-}$	$Y^{3+}$	$C_2O_4^{2-}$		
0,25	2,00	0,50	1,68	—	0,32	0,50	1,56	3,20
0,50	2,00	1,00	1,34	—	0,66	1,00	1,52	3,00
0,75	2,00	1,50	1,00	—	1,00	1,50	1,52	2,85
1,00	2,00	2,00	0,67	—	1,33	2,00	1,50	2,70
1,25	2,00	2,50	0,34	—	1,66	2,50	1,51	2,60
1,50	2,00	3,00	0,30	—	1,70	3,00	1,76	2,50
1,75	2,00	3,50	0,15	—	1,85	3,50	1,89	2,40
2,00	2,00	4,00	—	—	2,00	4,00	2,00	2,35
3,00	2,00	6,00	—	1,94	2,00	4,06	2,03	4,20
4,00	2,00	8,00	—	3,90	2,00	4,10	2,05	4,40
8,00	2,00	16,00	—	11,82	2,00	4,18	2,09	4,60
18,00	2,00	36,00	0,07	31,94	1,93	4,06	2,10	4,75

Комплексные оксалаты  $Rb[Y(C_2O_4)_2] \cdot 3,5 H_2O$  и  $Cs[Y(C_2O_4)_2] \cdot H_2O$  отличаются друг от друга по растворимости в избытке оксалата-реагента. Растворимость уменьшается от рубидиевой соли к цезиевой.

Таблица 3

Результаты анализа осадков, выделенных из систем  $YCl_3 - Rb_2C_2O_4 - H_2O$  и  $YCl_3 - Cs_2C_2O_4 - H_2O$  (25°)  
(при  $n=2,0$ )<sup>(1)</sup>

Комплексная соль	Найдено, %				Для $Rb[Y(C_2O_4)_2] \cdot 3,5 H_2O$ и $Cs[Y(C_2O_4)_2] \cdot H_2O$ вычислено, %			
	$Y^{3+}$	$Me^{(2)}$	$C_2O_4^{2-}$	$H_2O$	$Y^{3+}$	$Me^{+}$	$C_2O_4^{2-}$	$H_2O$
$Rb[Y(C_2O_4)_2] \cdot 3,5 H_2O$	21,47	20,74	42,39	14,96	21,50	20,67	42,57	15,24
$Cs[Y(C_2O_4)_2] \cdot H_2O$	21,08	32,28	42,22	7,77	21,38	31,96	42,34	4,32

<sup>(1)</sup> Твердые фазы, выделенные при значениях  $n > 2$ , дали аналогичные результаты и поэтому не приводятся.

<sup>(2)</sup> Me = Rb, Cs.

Гидратная вода определялась как по потере в весе воздушно-сухих осадков путем нагревания их до постоянного веса при температурах надлежащих эффектов на термограммах этих солей, так и путем расчета на кривой потери в весе (рис. 6—7).

С целью изучения процесса термического разложения комплексных оксалатов  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Cs}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  были получены кривые нагревания этих солей на термовесовой установке АТВУ-5. Скорость нагрева при записи термограмм была равна 15—16 град/мин.

На рис. 6 изображена термогравитограмма  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ , на которой, согласно анализу, первые два эндотермических эффекта отвечают соответственно потере 2,5 молекулы воды при  $180^\circ$  и потере оставшейся одной молекулы воды при  $290^\circ$ , что хорошо совпадает с данными, рассчитанными по потере веса на гравиметрической кривой (рис. 6, кривая 2). Экзотермический эффект при  $450^\circ$  и эндотермический при  $560^\circ$  являются результатом постепенного разложения комплексного оксалата иттрия и образования иттриата рубидия.

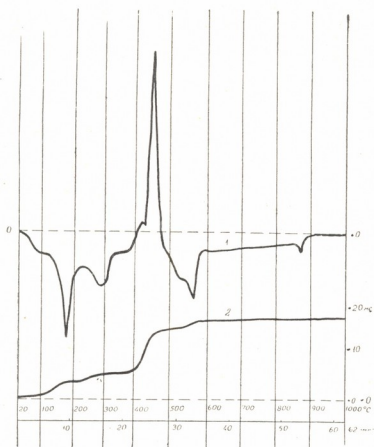


Рис. 6. Термогравитограмма  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ : 1—дифференциальная запись, 2—потеря в весе (исходная навеска 41,4 мг)

На термограмме  $\text{Cs}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  (рис. 7) имеется один эндотермический эффект с минимумом при  $230^\circ$ , который, по данным анализа, отвечает полной дегидратации соли. Потеря в весе при  $230^\circ$ , рассчитанная по гравиметрической кривой (рис. 7, кривая 2), составляет 4,65%, а определенная высушиванием вещества в термостате при этой температуре—4,77% (теоретически одна молекула гидратной воды составляет 4,32%). Дальнейшее нагревание пробы при температуре 400—500° приводит к частичному разложению комплексного оксалата иттрия (определение в осадке  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ) с очевидным образованием карбоната

иттрия (проба растворяется в кислоте с выделением  $\text{CO}_2$ ) и окиси углерода. Эта стадия реакции сопровождается экзотермическим эффектом при  $450^\circ$ .

Следующий эндотермический эффект при  $550^\circ$  является результатом образования иттрата цезия.

На рис. 8 приведены штрихрентгенограммы соединений  $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Cs}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Дебаеграммы порошков снимались на установке УРС-55а на медном неотфильтрованном излучении в камерах РКД с диаметром кассеты  $57,3 \text{ мм}$ . Режим съемки  $12 \text{ ма}$ ,  $35 \text{ кв}$ ,  $1,5 \text{ ч}$  экспозиции. Интенсивность линии оценивалась визуально по 10-балльной системе. Рас-

стояния между симметричными линиями измерялись с помощью логариф-

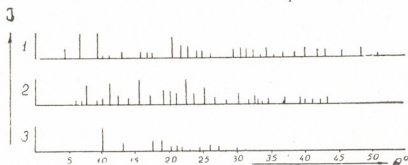


Рис. 8. Схемы рентгенограмм: 1— $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , 2— $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ , 3— $\text{Cs}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$

мической линейки. Для определения межплоскостных расстояний пользовались таблицами. Штрихрентгенограммы подтверждают индивидуальность этих соединений.

### Выводы

Изучены системы  $\text{YCl}_3\text{—Rb}_2\text{C}_2\text{O}_4\text{—H}_2\text{O}$  и  $\text{YCl}_3\text{—Cs}_2\text{C}_2\text{O}_4\text{—H}_2\text{O}$  при  $25^\circ$  методами растворимости, измерения pH и анализа твердых фаз.

Показано, что в обеих системах в результате взаимодействия компонентов образуются два соединения: при отношениях  $\text{Me}_2\text{C}_2\text{O}_4:\text{YCl}_3 \equiv 1:2,5$  — нормальный оксалат иттрия  $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , а при отношениях

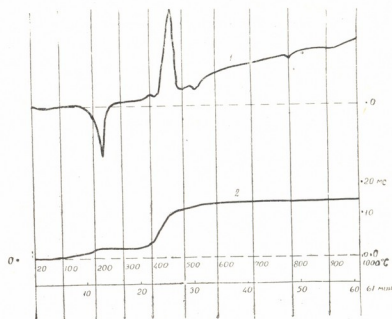


Рис. 7. Термогравитогрaмма  $\text{Cs}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ : 1—дифференциальная запись, 2—потеря в весе (исходная навеска  $40,5 \text{ мг}$ )

$\text{Me}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{YCl}_3 \equiv 2$  — комплексная соль состава  $\text{Me}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{XH}_2\text{O}$  (где  $\text{Me} = \text{Rb}, \text{Cs}$ ).

Оба комплексных соединения растворимы в избытке соответствующих щелочных оксалатов, причем растворимость уменьшается от рубидиевой соли к цезиевой.

Изучены оптимальные условия выделения  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Cs}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  и установлены области их существования. Эти соединения получены впервые.

Проведено химическое, термическое и рентгенографическое исследование твердых фаз, выделенных в этих системах.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и  
 органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 8.2.1966)

შინაბა

ა. მოდებაძე, ე. დავითაშვილი

იტრიუმის ქლორიდის ურთიერთქმედება რუბიდოუმის და  
 ცეზიუმის ოქსალატებთან წყალხსნარებში

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომში ხსნადობის, pH-ის გაზომვისა და მყარი ფაზის ანალიზის მეთოდებით შესწავლილია სისტემები  $\text{YCl}_3 - \text{Rb}_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{O}$  და  $\text{YCl}_3 - \text{Cs}_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{O}$  ( $25^\circ\text{C}$ ).

ნაჩვენებია, რომ ორივე სისტემაში კომპონენტთა ურთიერთქმედების შედეგად გარკვეულ პირობებში წარმოიქმნება ორი ნაერთი —  $\text{Me}_2\text{C}_2\text{O}_4 | \text{YCl}_3 \equiv 1,25$ -ის დროს იტრიუმის ნორმალური ოქსალატი  $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , ხოლო  $\text{Me}_2\text{C}_2\text{O}_4 | \text{YCl}_3 \equiv 2$ -ისას — კომპლექსური ნაერთი  $\text{Me}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{XH}_2\text{O}$  (სადაც  $\text{Me} = \text{Rb}, \text{Cs}$ ). გამოყოფილი კომპლექსური ოქსალატები ხასიათდება უმნიშვნელო ხსნადობით დამლექავი ოქსალატის სიჭარბეში.

შესწავლილია  $\text{Rb}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$  და  $\text{Cs}[\text{Y}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  გამოყოფის ოპტიმალური პირობები და დადგენილია მათი არსებობის ზღვრები. ეს ნაერთები პირველად გამოყოფილია ჩვენ მიერ.

ჩატარებულა მიღებული ნაერთების ქიმიური, თერმოგრაფიული და რენტგენოგრაფიული გამოკვლევა.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Г. Давиташвили, М. Е. Модебадзе. О реакции образования оксалата иттрия. Сообщения АН ГССР, XXXIX:2, 1965, 305.
2. Е. Г. Давиташвили, М. Е. Модебадзе, Н. Г. Шелия. О взаимодействии хлорида иттрия с оксалатами натрия, аммония и калия. Сообщения АН ГССР, XI:2, 1965, 325.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В. Н. ГАПРИНДАШВИЛИ, Н. Д. КАЛАНДАДЗЕ, Ю. И. ПУЛАРИАНИ

К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ  
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
МАДНЕУЛИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 15.4.1965)

Барито-полиметаллическая руда Маднеульского месторождения представлена в основном следующими минералами: баритом, халькопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом. В руде содержатся также некоторые благородные и редкие металлы.

Эффективность освоения подобного сложного сырья определяется комплексностью использования полезных компонентов.

Перспективность указанной руды подчеркивается и тем, что она является в основном сульфидной и может быть использована в качестве исходного сырья для производства серной кислоты.

На предприятиях, перерабатывающих полиметаллические руды, комплексность использования направлена на селективное обогащение исходного сырья с последующей металлургической переработкой полученных концентратов.

Однако такой подход при комплексной переработке маднеульской полиметаллической руды является нецелесообразным, так как сложный вещественный состав и тесное взаимопрорастание сульфидных минералов не дают возможности селективного разделения полезных компонентов, при котором можно было бы игнорировать присутствие железа и свинца в цинковом концентрате, а цинка и меди — в пиритном. Кроме того, при селективной флотации происходит «размывание» сульфидной серы и металлов — спутников по продуктам обогащения.

В последнее время особое внимание уделяется сульфатизирующему обжигу при переработке многокомпонентного сырья. Сущность этого обжига заключается в избирательной сульфатизации того или иного металла, который при последующей гидromеталлургической переработке селективно извлекается.

Критический анализ литературных данных [1—7] по переработке полиметаллического сырья, а также результаты предварительных исследований позволили выбрать наиболее рациональную технологию комплексной переработки маднеульской полиметаллической руды (рис. 1), в основе которой лежит сульфатизирующий обжиг в кипящем слое с последующей гидromеталлургической переработкой.

Исследованию подвергалась средняя технологическая проба, взятая на центральном участке барито-полиметаллической руды. Состав

пробы, %: Zn — 9,9; Fe — 15,41; Cu — 0,25; BaSO<sub>4</sub> — 30,60; Pb — 1,0; S<sub>сульф</sub> — 22. Кроме того, в ней содержатся, г/м: Cd — 20; Ga — 1,2; Tl — 3; Au — 0,8; Ag — 94,4. Применение сульфатизирующего обжига позволяет отказаться от нерентабельной в данном случае селективной флотации и применить коллективное обогащение, выдавая коллективный концентрат сульфидных минералов. Редкие рассеянные элементы, золото и серебро в основном концентрируются в коллективном концентрате. Хвосты представляют собой высококачественное сырье для получения баритового концентрата (см. таблицу).

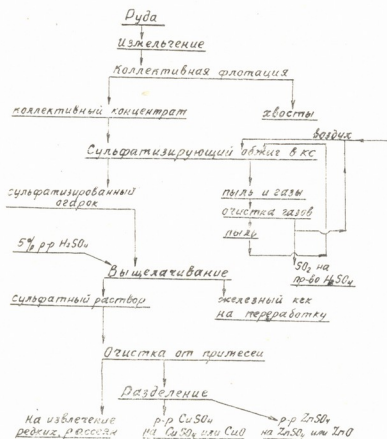


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема комплексной переработки магнеуской полиметаллической руды

Ниже приводятся данные, полученные при сульфатизации коллективного концентрата в кипящем слое. Исследование проводилось на лабораторной установке прерывного действия (рис. 2). Сульфатизирующему обжигу подвергался коллективный концентрат следующего состава, %: Zn — 14,95; Fe — 24,07; Cu — 0,41; Pb — 1,48; S — 36. По гранулометрическому составу основная часть зерен концентрата мельче 0,1 мм (фракции — 0,063 — 33,2 %; — 0,10 + 0,063 — 49,4%; — 0,25 + 0,10 — 15,4 %).

Основными факторами, обуславливающими высокую степень сульфатизации, являются температура и определенный состав реакционной атмосферы.

Согласно литературным данным [7], наилучшие результаты сульфатизации сульфидов металлов достигаются при температуре, которая выше температуры воспламенения сульфидов и ниже термической диссоциации сульфатов. Однако разложение сульфатов меди и цин-

Результаты коллективной флотации магнеусьской барито-полиметаллической руды

Наименование	Выход, %	Свинец		Цинк		Железо		Медь		Барит		Содержание, %					
		содержание, %	извлечение, %	содержание, %	извлечение, %	содержание, %	извлечение, %	содержание, %	извлечение, %	содержание, %	извлечение, %	Cd	Tl	Ga	Ge	Au, г/т	Ag, г/т
Коллективный концентрат	48,3	1,48	93,66	14,89	89,21	24,07	92,15	0,41	94,8	8,90	13,04	0,026	0,0058	0,0012	следи	1,6	152,66
Грубый коллективный концентрат	57,7	1,32	100	13,47	96,43	27,40	97,02	0,36	100	15,31	26,80	—	—	—	—	—	—
Хвосты коллективной флотации	42,3	нет	—	0,68	3,57	0,89	2,98	следи	—	57,02	73,20	нет	следи	следи	следи	0,2	[5,00
Исходная руда	100	1,00	100	8,0	100	12,00	100	0,21	100	32,95	100	0,02	0,0030	0,0012	следи	0,8	94,00



ка при высоких температурах может быть предотвращено, если в печных газах содержание кислорода и сернистого ангидрида будет больше, чем это требуется по условиям равновесия термического разложения сульфата:  $\text{MeSO}_4 \rightleftharpoons \text{MeO} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ .

Из экспериментальных данных (рис. 3) следует, что оптимальная температура селективного сульфатизирующего обжига коллективного концентрата в печи кипящего слоя при воздушном дутье, обогащенном сернистым ангидридом ( $\text{SO}_2$ —6%), лежит в пределах 710—760°. При этом 85% цинка переходит в сульфатную форму, в то время как степень сульфатизации железа не превышает 1%. При выщелачивании сульфатизированного огарка слабым раствором серной кислоты (5%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) в раствор переходит 96—98% Zn и до 98% Cu. Переход железа в раствор составляет не более 5—6%.

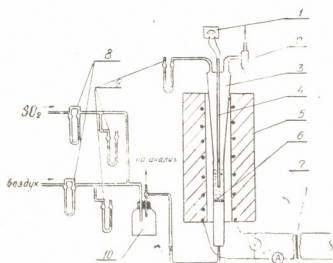


Рис. 2. Лабораторная установка для сульфатизирующего обжига (1—терморегулятор ПСР 1-01; 2—циклон; 3—реактор из нержавеющей стали; 4—термопара; 5—печь с силитовыми нагревателями; 6—диафрагма; 7—трансформатор; 8—реометр; 9—манометр; 10—рессивер)

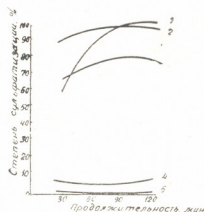


Рис. 3. Зависимость степени сульфатизации коллективного концентрата от температуры обжига (1—кислоторастворимый цинк; 2—кислоторастворимая медь; 3—водорастворимый цинк; 4—кислоторастворимое железо; 5—водорастворимое железо)

Исследование скорости сульфатизации при температуре обжига 710° показало, что реакция протекает достаточно энергично и в основном заканчивается за 60 минут (рис. 4).

Успешному проведению реакции образования серного ангидрида способствуют возможность проведения обжига при наибольшей концентрации кислорода и сернистого газа в дутье и благоприятные условия для контакта газов с каталитически действующей поверхностью твердых зерен огарка.

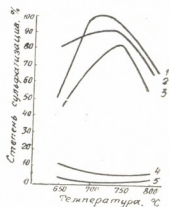
В процессе обжига в кипящем слое имеет место большой пылеунос. Этот вопрос разрешается улавливанием пыли в циклонах и их



возвратом в процессе или предварительной грануляцией концентрата. Эксперименты показали, что грануляция с получением зерен концентрата фракцией —  $0,3+0,25$  мм позволяет сократить пылеунос до незначительного количества.

Гидрометаллургическая переработка сульфатизированного коллективного концентрата позволяет получить сульфатный раствор цинка и меди, концентраты редких рассеянных элементов и железный кек, обогащенный благородными металлами и свинцом.

Рис. 4. Зависимость степени сульфатизации коллективного концентрата от продолжительности обжига (1 — кислоторастворимая медь; 2 — кислоторастворимый цинк; 3 — водорастворимый цинк; 4 — кислоторастворимое железо; 5 — водорастворимое железо)



В сочетании с сульфатизирующим обжигом экстракционные способы являются наиболее эффективным направлением в технологии комплексной переработки полиметаллического сырья [8]. Предварительные исследования по применению мылообменной экстракции нафтенатами для разделения и очистки растворов выщелачивания сульфатизированного огарка дали положительные результаты.

Особенностью предлагаемой технологии является простота и легкость выполнения, отсутствие трудоемкой селективной флотации, возможность автоматического управления процессом.

Особенно важно то, что на процесс мало влияет изменение содержания полезных компонентов в широких пределах, что является характерной чертой Маднеульского месторождения. Это дает возможность применить одну и ту же технологию как для барито-полиметаллической, так и для медно-цинковой и медно-колчеданной руд. Это облегчит комплексную переработку последних, так как создастся возможность исключить селективную флотацию, характеризующуюся низкими показателями.

Осуществление предлагаемой технологии для комплексной переработки маднеульской полиметаллической руды позволит рационально использовать все полезные компоненты.

Можно получить металлический цинк и медь или непосредственно из сульфатных растворов выделить сульфатные соли последних. Концентраты редких рассеянных элементов и железный кек подлежат дальнейшей переработке с целью извлечения полезных компонентов. На базе полученного сернистого ангидрида можно организовать производство серной кислоты при минимальных капиталовложениях.

Академия наук Грузинской ССР

Институт неорганической химии и электрохимии

(Поступило в редакцию 15.4.1965)

3. გაფრინდაშვილი, ნ. კალანდაძე, ი. ფულაკიანი

მადნეულის პოლიმეტალური საბადოს კომპლექსური  
დაფუშავების საპრობნისათვის

რ ე ზ ი მ ე

შრომაში მოცემულია მადნეულის პოლიმეტალური საბადოს დახასიათება და განხილულია მისი კომპლექსური ათვისების შესაძლებლობა. ნედლეულის თავისებურებათა და ექსპერიმენტული მასალების კრიტიკული შესწავლის საფუძველზე შემუშავებულია აღნიშნული საბადოს კომპლექსური ათვისების პრინციპული ტექნოლოგიური სქემა.

ტექნოლოგიურ სქემას საფუძვლად უდევს სულფიდური კოლექტიური კონცენტრატის მასულფატებელი გამოწვა მდულარე შრეში. ასეთი გამოწვის პროცესში ადგილი აქვს სასარგებლო კომპონენტების სელექციურ დაყოფას; თუთია და სპილენძი გადადიან ადვილად ხსნად სულფატებში, ხოლო რკინა მიიღება უხსნადი ჟანგულების სახით; სულფიდური გოგირდი გამოიყოფა გოგირდოვანი აირის სახით, რაც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გოგირდ-მეფავას წარმოებისათვის.

წარმოდგენილი ტექნოლოგიური სქემა გამოცდილია მადნეულის ბარიტო-პოლიმეტალური მადნის საშუალო ტექნოლოგიურ სინჯზე.

მიღებული დადებითი შედეგები ადასტურებს აღნიშნული სქემის პერსპექტიულობას.

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник «Обжиг сульфидных материалов в кипящем слое», под ред. Г. Я. Лейзерович, ЦИИЦВЕТМЕТ, 1958.
2. И. И. Пискунов. О некоторых закономерностях окисления сернистого железа. Цветная металлургия, № 6, 1961.
3. Ф. Т. Бумажнов. Сульфатизирующий обжиг пиритного концентрата. Записки Ленинградского горного ин-та, химия, металлургия, обогащение, т. XII, вып. 3, 1963.
4. А. А. Мачалов. Комплексное использование сырья в цветной металлургии — основа для быстрого увеличения производства минеральных удобрений. Цветные металлы, № 10, 1963.
5. G. R. Smithson, John E. Hanway. Bench-scale development of a sulfation process for complex sulfide ores. Trans. Metallurgy. Soc. AIME, № 4, 1962, 224.
6. B. A. Fisher. Some applications of physical chemistry to the sulphate roasting of metallic sulphides. Bulletin of the institution of mining and metallurgy, December, 1963.
7. Процессы в кипящем слое. Центральный ин-т информации, М., 1959.
8. Г. В. Илювисва. Раздельное извлечение некоторых цветных металлов из рудоворов. Записки Ленинградского горного ин-та им. Г. В. Плеханова, XIII, вып. 3, 1963.

ქიმიური ტექნოლოგია

კ. ქუთათელაძე, რ. ვერულაშვილი, ი. ფიცხელაური, ა. აბაიშვილი

მონომინერალური შემადგენლობის პირობებზე  
მინაქრისტალური მასალების მიღება საქართველოს  
მთის ჯიშებიდან

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ლანდიამ 5.5.1965)

ტექნიკის მრავალ დარგში ფართო გავრცელება მოიპოვა სინთეტიკურმა, მიკროკრისტალური სტრუქტურის მქონე მასალამ, რომელიც მინის მეორადი თერმული დამუშავების შედეგად მიიღება. მიუხედავად ამ მასალის წარმოების განუხრელი ზრდისა, იგი დეფიციტური მასალაა დღესაც. ეს გამოწვეულია ნედლეულის სიძვირითა და წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის სირთულით.

საშენი მასალების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მინის ლაბორატორიაში დამუშავებულია საქართველოს მთის ჯიშებიდან აღნიშნული მასალის მიღების ხერხი. მთის ჯიშებიდან მიღებული მასალა გაცილებით იაფია სინთეზურთან შედარებით, ხოლო წარმოების ტექნოლოგიური პროცესი — ხელმისაწვდომი და მარტივია.

საქართველოს მრავალრიცხოვანი მთის ჯიშებიდან დეტალურად შესწავლილ იქნა ბაკურიანის ანდეზიტი. ამ მასალის უპირატესობა სხვებთან შედარებით შემდეგში გამოიხატება:

1. ანდეზიტის საბადო ერთადერთია საქართველოში, სადაც წარმოებს ანდეზიტის ფქვილის მიღება სხვადასხვა დანიშნულებისათვის.
2. ანდეზიტი იაფფასიანი მასალაა, მისი მარაგი დიდია, ხასიათდება მდგრადი ქიმიური შედგენილობით.

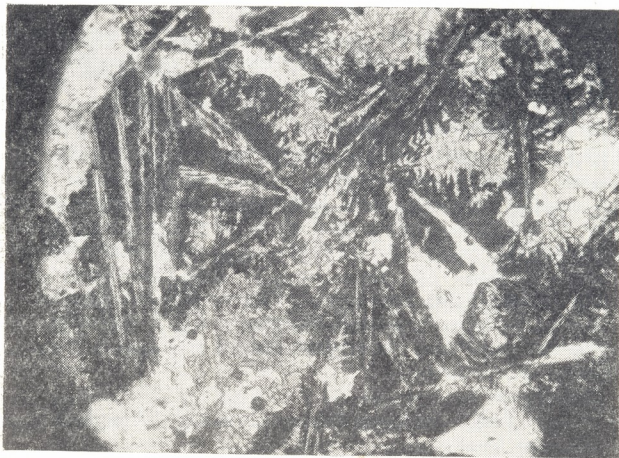
ამასთან ერთად, ანდეზიტში შემავალ რკინის, ტიტანის, მანგანუმისა და სხვა ელემენტების შენაერთების უმცირეს რაოდენობებს აქვთ უნარი თერმული დამუშავების განსაზღვრულ ეტაპზე მკვეთრად შეცვალონ მისი მიკროკრისტალური ფაზური ნაწილის შემადგენლობა.

ეს შესაძლებლობას იძლევა წარგმართოთ მინის კრისტალიზაცია სასურველი მიმართულებით იმ კატალიზატორების საშუალებით, რომელნიც თვით მინერალში მოიპოვება.

მრავალრიცხოვანი მთის ჯიშების მსგავსად, ანდეზიტი შეიცავს მთელ რიგ შენაერთებს. მაღალხარისხოვანი მინა-მასალის მისაღებად საჭიროა რთული შემადგენლობის ანდეზიტი გარდაქმნილ იქნეს მონომინერალურ მასალად, რადგან მხოლოდ ამ შემთხვევაში შესაძლებელია მინაქრისტალური მასალის მი-

ღება წინასწარ გამიზნული განსაკუთრებული თვისებებით: მექანიკური სიმტკიცით, ქიმიური მდგრადობით, დიელექტრული მედეგობით და სხვა.

მონომინერალური მინაკრისტალური მასალების მისაღებად გამოიყენება ის მინერალები, რომელთაც ახასიათებთ იზომორფული ჩანაცვლების ფართო უნარი, ამასთან ჩანაცვლების შედეგად მიღებული მასალა არ უნდა განიცდიდეს თვისებების მკვეთრ ცვლილებას.



ნახ. 1

ლიტერატურული წყაროებიდან ცნობილია, რომ ერთ-ერთი ასეთი მინერალი დიოპსიდა. ი. ცვეტკოვის მიერ ჩატარებული კვლევა-ძიების შედეგად [1, 2] დამტკიცებულია, რომ დიოპსიდის შემადგენლობაში სავსებით შესაძლებელია შეყვანილ იქნეს 30—35 მოლ % კალციუმის, რკინის, ტიტანის, ნატრიუმისა და სხვათა შენაერთები ისე, რომ დიოპსიდმა არ დაკარგოს თავისი თვისებები.

სხვა ელემენტებით იზომორფული ჩანაცვლებით დიოპსიდი სტრუქტურული თვალთახედვით შესაძლებელია განხილულ იქნეს როგორც რთული შემადგენლობის პიროქსენი.

ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი ანდეზიტის შემთხვევაში: დანამატების სახისა და რაოდენობის ზუსტი რეგულირებით შესაძლებელია ანდეზიტში შემავალი მრავალრიცხოვანი ქანგეულები გადაყვანილ იქნენ მონომინერალურ პიროქსენში.

ამ საკითხის ირგვლივ კვლევა-ძიება ა. კოტლოვას [3] აქვს ჩატარებული. ი. ცვეტკოვის მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე, ა. კოტლოვა იძლევა კაზმის გაანგარიშების ორიგინალურ მეთოდს.

ამ გაანგარიშების შედეგად შესაძლებელია, სხვადასხვა დანამატების გამოყენებით, ბაზალტში შემავალი ყველა ქანგეული გადაყვანილ იქნეს რთული პიროქსენის შემადგენლობის მინერალში.

აღნიშნული გაანგარიშების უარყოფით მხარეებად უნდა ჩაითვალოს:

1. თეორიულად მიღებული მონომინერალური ფაზის პრაქტიკულად განსახორციელებლად აუცილებელი პირობაა მინის ხარშვის დროს ლუმელში მტკიცე ნეიტრალური გარემოს დაცვა, წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლებელია ბაზალტში შემავალ რკინისა და მანგანუმის ქანგეულებმა შეიცვალონ ვალენტობა. ამის გამო იცვლება გაანგარიშების შედეგი, რაც თავის მხრივ იწვევს საწარმოო პირობებში ტექნოლოგიური რეჟიმის დარღვევას.

2. წინასწარი გაანგარიშების საფუძველზე შეუძლებელია კაზმის შემადგენლობაში იმ ცვლილების გათვალისწინება, რომელთაც აქვთ ადგილი ხარშვის ზოგიერთი ელემენტის აორთქლების დროს.

აღნიშნული მეთოდის გამოყენება ჩვენ შემთხვევაში არ მოგვცემდა სასურველ შედეგს. ამიტომ გადაწყდა, საძიებო სამუშაოები წარგვემართა სხვა მიმართულებით.

პირველად დადგინდნ იქნა დოლომიტის დანამატის ის რაოდენობა, რაც საჭიროა პრაქტიკულად მონომინერალური შემადგენლობის მინაკრისტალის მისაღებად.

დოლომიტის დანამატის რაოდენობის ცვლილება საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ კაზმის ქიმიური შემადგენლობის კორექტირება; კაზმში შემავალი ქანგეულების ფარდობა დამოკიდებულია ლუმელში არსებულ ატმოსფეროზე, განალღვისა და ცეცხლგამძლე მასალის ურთიერთ ქმედებაზე.

სამუშაო ჩატარებულ იქნა ორ ეტაპად: გამოკვლევის პირველ ეტაპზე შესწავლილ იქნა დანამატის გვარობა და რაოდენობა, რაც საჭირო იყო მონომინერალური პიროქსენული ფაზის მისაღებად, ხოლო მეორე ეტაპზე შესწავლილ იქნა სათანადო მინერალიზატორი და მისი რაოდენობა.

ანდეზიტისა და დოლომიტის ქიმიური შემადგენლობა მოყვანილია 1 ცხრილში.

ანდეზიტიდან და დოლომიტიდან ინდექს სახელწოდებით შედგენილ იქნა რამოდენიმე კაზმი.

ანდეზიტისა და დოლომიტის ქიმიური შემადგენლობა

ცხრილი 1

დასახელება	ქ ა ნ გ ე უ ლ ე ბ ი %-ით									
	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	MnO	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	ხ. დ.
ანდეზიტი	59,22	0,60	18,26	3,0	4,54	0,44	5,96	2,69	4,18	0,6
დოლომიტი	1,23	0,08	0,63	0,4	0,6	—	31,00	20,10	—	45,80



დოლომიტის დამატება წარმოებდა 100 წ. ნ. ანდეზიტზე.

გაანგარიშებით მიღებული მინების შემადგენლობები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

მინის კაშმის ხარშვა წარმოებდა სილიტის ღუმელში 1420—1440°-სას. ღუმელში არსებული არე განისაზღვრებოდა როგორც სუსტი დამქანავი.

ასეთი არეს მიღება საწარმოო ღუმელებში, რომლებიც აირზე მუშაობენ, არ არის ძნელი. ამრიგად, ჩვენ შევეცადეთ ლაბორატორიული ცდები მაქსიმალურად დაგვეახლოვებინა საქარხნო პირობებთან.

ცხრილი 2

მ ი ნ ე ბ ი ს მ ე მ ა დ გ ე ნ ლ ო ბ ა

ქ ა ნ გ ე უ ლ ე ბ ი %-ით

მინების დასახელება	ქ ა ნ გ ე უ ლ ე ბ ი %-ით					
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O
AD-1	54.08	0,56	23,76	17,66	0,23	3,80
AD-2	52.88	0,54	23,26	19,41	0,24	3,71
AD-3	51,62	0,54	22,73	21,16	0,24	3,62
AD-4	50,51	0,53	22,30	22,83	0,24	3,54
AD-5	49,44	0,52	21,94	24,43	0,24	3,46
AD-6	48,40	0,52	21,48	25,98	0,24	3,38
AD-7	47,57	0,51	21,15	27,54	0,23	3,32

ხარშვის პროცესის მსვლელობის თვალსაზრისით თვისებები ყველა მინას ნორმალური ჰქონდა. შენიშნულ იქნა, რომ დოლომიტის დანამატის რაოდენობის ზრდა აძლიერებდა ცეცხლგამძლე ამონაგის კოროზიას.

კრისტალიზაციის პირობების შესწავლა წარმოებდა მუფელიან ღუმელში 740—1150°C ფარგლებში. ასეთ რეჟიმზე, ტემპერატურის ქვედა ზღვარი შეესაბამება კრისტალების გამოყოფის დაწყების მომენტს, ხოლო ზედა ზღვარი — პიროქსენული ფაზის გამოყოფის მაქსიმუმს. დაკრისტალებული მინებიდან დამზადებულ იქნა პეტროგრაფიული ფირები, რომელნიც შესწავლილ იქნენ დეტალურად.

ფირების მიკროსკოპულმა შესწავლამ ცხადყო, რომ ყველა ნიმუში მეტნაკლები რაოდენობით შეიცავს პიროქსენს, ამ მინერალთან ერთად გვხვდება რთული შემადგენლობის მინისებური ფაზა და რკინისებური გამონალღვები. პიროქსენის კრისტალებს მრავალნაირი მოყვანილობა აქვს: მოგრძო პრიზმატული, სფეროლიტური, კვადრატული და სხვა. პიროქსენის რაოდენობა სხვადასხვა ნიმუშში მერყეობს 50-დან 96%-ის ზღვრებში.

პიროქსენს ყველაზე მეტი რაოდენობით (95—97%) შეიცავს AD-6. SiO<sub>2</sub> რაოდენობა ამ ნიმუშში შეადგენს 48 — 49 %-ს, ხოლო RO + R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 47 — 48 %.

პიროქსენის ოპტიკური მაჩვენებლები შემდეგია:

$$Np' = 1,705 \pm 0,002; Nq' = 1,724 \pm 0,004.$$

ეს მინერალი რთული ქიმიური შემადგენლობისაა და მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს რკინის შენაერთებს. ნიმუში მცირე რაოდენობით შეი-

ცავს მინისებრ ფაზას, (3—5%), მინისებური ფაზა რუხი ფერისაა, მისი დატეხის მაჩვენებელი  $N = 1.658$ . ასეთი მაჩვენებელი ისეთ მინებს აქვთ, რომელნიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ რკინასა და მანგანუმს. ფირის მიკროსტრუქტურა ნაჩვენებია სურ. 1-ზე. თეთრი ფერის სხვადასხვა ზომისა და ფორმის კრისტალები მინერალური პიროქსენია, მოშავო ფერის მასა—მინაა, შავი ფერის წინწყლოვანი ჩანართებები—რკინაშემცველი გამონალღვები (გადიდება  $\times 80$ ), ნიკოლები — გადაჯვარედინებული.

ამრიგად, ცდების საშუალებით დადგენილ იქნა დოლომიტის დანამატის ის ოპტიმალური რაოდენობა, რომლის დროსაც მიიღება პიროქსენის მაქსიმალური შემცველობა (93—97%).

სამუშაოს მეორე ეტაპზე შერჩეულ იქნა მინერალიზატორი და მისი რაოდენობა. მინერალიზატორის დანიშნულებაა ჩვენ შემთხვევაში მოგვცეს პრაქტიკულად მონომინერალური, წვრილკრისტალური მასალა.

ლიტერატურული მონაცემებისა და წინასწარი ცდების საფუძველზე მრავალრიცხოვანი მასალებიდან მინერალიზატორად შერჩეულ იქნა ქრომის ყანგის დანამატი.

ქრომის ყანგი კაზმში შეგვყავდა 0,1—2% რაოდენობით. საუკეთესო თვისებებისა გამოდგა მინა, რომლის კაზმში ქრომის ყანგი 0,4—0,7% იყო.

ქრომის დანამატის შემცირება აღნიშნულის ქვევით იწვევდა მინისებური ფაზის რაოდენობის გაზრდას, ხოლო მეტი რაოდენობა — კრისტალების ზომის საგრძნობ მატებას, მინის მასის ამომუშავების დროს.

დაკრისტალების პროცესისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს, აგრეთვე, კატალიზატორის ნაწილაკების ზომას.

ნიმუშების რენტგენოგრაფიული შესწავლის დროს 700—720° რენტგენოგრაფიაზე წარმოიქმნება ხაზები, რომლებიც დამახასიათებელია საერთოდ. შპინელიდების ჯგუფისათვის. კერძოდ—ჩვენ აქ გვაქვს ქრომის შპინელიდი. ეს სწორედ ის მასალაა, რომელიც მინერალ პიროქსენის კრისტალიზაციის ცენტრს წარმოადგენს.

780—820° ტემპერატურისას რენტგენოგრაფიაზე გვაქვს მხოლოდ რთული შემადგენლობის პიროქსენის ხაზები.

ნიმუშების თერმოგრაფიულმა შესწავლამ გვიჩვენა, რომ თითოეულ მიწას აქვს კრისტალიზაციისადმი სწრაფვის დიდი უნარი.

600—1000° თერმულად დამუშავებულ მინებზე დაკვირვებამ (ყოველი 50° შემდეგ 1-საათიანი დაყოვნება) დაგვანახვა, რომ განსაზღვრული სიბლანტის პირობებში (600—700°) კრისტალური ჩონჩხის წარმოქმნის უნარს ინარჩუნებს ჩვენს მიერ შესწავლილი შვიდივე შემადგენლობა.

ამას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან სავსებით შესაძლებელია დეფორმაციის საშიშროების გარეშე აღნიშნული შემადგენლობებიდან დამზადებული მასალა თერმიულად დამუშავდეს 980—1060° ფარგლებში.

ნიმუშების მაკროსკოპიულმა დათვალიერებამ გვიჩვენა, რომ, გარდა AD-6, ყველასათვის დამახასიათებელია მოშავო-მონაცრისფრო შეფერილობა, სიკ-

რიალე მინისებური. AD-6 ნიმუში მომწვანო-მონაცრისფროა, რაც დამახასიათებელია მინერალ პიროქსენისათვის.

მინების პეტროგრაფიულმა და ელექტროგრაფიულმა შესწავლამ ცხადჰყო, რომ პიროქსენული ფაზა ყველაზე დიდი რაოდენობით არის ნიმუშ AD-6-ში (90—96%), დანარჩენებში მეტ-ნაკლები რაოდენობით გვხვდება მინისებური ფაზა და მაგნეტიტი.

AD-6 შემადგენლობისათვის შერჩეულ იქნა თერმიული დამუშავების რამდენიმე რეჟიმი, აქედან ოპტიმალური აღმოჩნდა შემდეგი:

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ ს} \div 2 \text{ ს} & 3 \text{ საათი} & 4 \text{ საათი} \\ \hline 680-700^{\circ}-20^{\circ} \text{ საათში} & 820^{\circ}-30^{\circ} \text{ საათში} & 1000^{\circ} \end{array}$$

მე-3 ცხრილში მოყვანილია აღნიშნული თერმიული რეჟიმით დამუშავებული AD-6 ნიმუშის ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებელი.

ცხრილი 3

AD-6 ნიმუშის ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებელი

სიმტკიცე ლუნგაზე კგ/სმ <sup>2</sup>	მიკრო სიმტკიცე 100 გრ. დატვირთ- ვისას, კგ/სმ <sup>2</sup> -ზე	ქიმიური მდგრადობა, დანა- კარგები % -ში		დეფორმა- ციის ტემპე- რატურა	ხაზობრივ გა- ფართოების კოეფიციენტი
		20 NHCl 3 ს.	2,5 NHCl 3ს.		
900 — 1150	800 — 900	0,4 — 0,8	0,3 — 0,7	1040 — 1080°	80 — 88.10 -7

აღნიშნული მინაკრისტალური მასალა შესაძლებელია ფართოდ იქნეს გამოყენებული ტექნიკის მრავალ დარგში: ქიმიურ წარმოებაში, მშენებლობაში, ელექტროტექნიკაში და სხვა.

წინასწარი გაანგარიშებით, ანდეზიტიდან მიღებული მინაკრისტალური მასალა 50%-ით იაფია სინთეზურთან შედარებით.

### დასკვნები

1. შესწავლილია პრაქტიკულად მონომინერალური შემადგენლობის მინაკრისტალური მასალის მიღება ანდეზიტის საფუძველზე. ცდების საშუალებით, სუსტი დამყანგავი არეს პირობებში დადგენილია დოლომიტის დანამატის რაოდენობა (40—50 წ. ნ.), რაც საჭიროა ანდეზიტში შემავალი ქანგეულის მონომინერალურ ფაზაში გადასაყვანად.

2. დადგენილია მინერალიზატორის გვარობა და რაოდენობა: ა) ქრომის ქანგის დანამატი 0,4—0,6 წ. ნ. რაოდენობით წარმოქმნის თანაბრად დაკრისტალებულ მასას, რომელშიც ცალკეული კრისტალების მინიმალური ზომა 1—3 N; ბ) ოპტიმალური ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მქონე მასალის მიღების აუცილებელი პირობაა დამატებული მინერალიზატორის მაღალი დისპერსიულობა.



3. წინასწარი გაანგარიშებით შეიძლება ითქვას, რომ AD სერიის კაზმის 1 ტ თვითღირებულება 2—3-ჯერ იაფია, იმავე რაოდენობის სინთეზურ კაზმებთან შედარებით.

თბილისის საშენ მასალათა  
 სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.5.1965)

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

К. С. КУТАТЕЛАДЗЕ, Р. Д. ВЕРУЛАШВИЛИ, И. А. ПИЦХЕЛАУРИ,  
 А. А. АБАИШВИЛИ

### ПОЛУЧЕНИЕ МОНОМИНЕРАЛЬНЫХ ПИРОКСЕНОВЫХ СОСТАВОВ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ГРУЗИИ

Резюме

В лаборатории стекла НИИСМа разработан метод получения мономинеральных пироксеновых стеклокристаллических материалов на основе андезита.

Выбор андезита для получения стекла основан на недефицитности этой породы, постоянстве химического состава, а также на наличии в андезите соединений железа, титана, марганца и других элементов, которые даже в небольших количествах при определенных режимах термообработки могут вызвать резкое изменение фазового состава мелкокристаллической части материала. Таким образом, создается возможность управлять кристаллизацией стекла с помощью тех минерализирующих соединений, которые находятся в самом стекле.

Работа проводилась в двух этапах. На первом этапе решался вопрос выбора вида и количества добавки для получения мономинеральной пироксеновой фазы, а на втором этапе подбирался вид и количество минерализатора. В качестве добавки был использован доломит.

На основе андезита и доломита было составлено несколько шихт. Доломит добавлялся в количестве 20—50 в. ч. на 100 в. ч. андезита. Варка проводилась в силитовой печи при температуре 1420—1440°C с выдержкой 1 час. Атмосфера в печи слабоокислительная.

По варочным свойствам все стекла оказались нормальными. Наблюдения за взаимодействием расплава стекла с огнеупором показали, что с увеличением содержания доломита агрессивное действие стекломассы в отношении огнеупорной футеровки постепенно увеличивается. Изучение условий кристаллизации проводилось выдержкой образцов стекла в муфельной печи в температурном интервале 740—1150°C.

Микроскопическое исследование образцов показало, что в зависимости от изменений количества добавляемого доломита пироксеновая фаза выделяется в самых разнообразных формах.

Количество пироксеновой фазы в разных образцах менялось в пределах 50—90%. Лучшие результаты по мономинеральности были получены от стекол с содержанием  $\text{SiO}_2$  48—49%, а  $\text{RO} + \text{R}_2\text{O}_3$  47—48% (состав АД-6). В качестве минерализатора была использована окись хрома. Оптимальные результаты получались при введении тонкомолотого хрома в малых количествах.

Предлагаемые стеклокристаллические материалы могут найти применение в производстве кислотно- и щелочестойкой кладки, труб, плиток для облицовки стен, настилки и т. д.

Ориентировочный подсчет стоимости 1 т шихты на основе андезита и доломита показал, что она обойдется в 2—3 раза дешевле по сравнению с шихтой известных на практике стеклокристаллических материалов, получаемых путем синтеза.

#### დაამოწმებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Цветков. Изоморфные замещения в группе бесщелочных пироксенов. Труды Ин-та геологических наук АН СССР, вып. 138, 1951.
2. И. А. Цветков. Некоторые данные по кристаллизации плавленного диабазы. Труды 2-го совещания по экспериментальной минералогии и петрографии. Изд. АН СССР, М. — Л., 1937.
3. А. Г. Котлова. Некоторые данные по кристаллизации базальтовых и пироксеновых расплавов и стекол. Труды Ин-та геологических наук АН СССР, вып. 30, 1958.
4. Л. А. Кристаллизация стекол состава  $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  в присутствии  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  с образованием устойчивой пироксеновой фазы. Стеклообразное состояние, М. — Л., 1963.

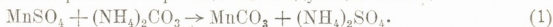
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Р. А. ДИДИДЗЕ, В. Т. ЧАГУНАВА

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБОНАТА МАРГАНЦА ИЗ  
МАРГАНЦЕВОЙ КАРБОНАТНОЙ РУДЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 16.2.1966)

В нашей предыдущей работе [1], касающейся получения карбоната марганца из марганцевых карбонатных руд (МКР) Чнатурского месторождения, показано, что при взаимодействии 3 М раствора сульфата аммония с МКР, обожженной при 600—650°, достигается высокий процент перехода марганца в раствор в виде сульфата марганца. Из этого раствора после выделения шлама (отстаивание и фильтрация) осаждается карбонат марганца по следующей схеме:



Полученный таким путем карбонат марганца рекомендуется использовать для приготовления разных марганцевых катализаторов и адсорбентов, а также для получения концентрата марганца с низким содержанием фосфора.

При выщелачивании обожженной МКР раствором сульфата аммония концентрация марганца в растворе изменяется в широком диапазоне при сравнительно устойчивом содержании кальция.

Глубиной протекания равновесной реакции



определяется содержание кальция в растворе.

В растворах сульфата аммония до 0,4 М растворимость сульфата кальция ниже, чем в воде. Минимум растворимости сульфата кальция 0,007 мол/л имеется при 0,1 М раствора сульфата аммония. Выше этой концентрации с ростом молярности раствора сульфата аммония растет растворимость сульфата кальция [2]. По расчету, при молярности раствора сульфата аммония 1,57 молярность сульфата кальция приближается к величине 0,017. Расчетная величина  $\text{CaSO}_4$  совпадает с величиной, найденной экспериментально (табл. 1).

В стадии осаждения карбоната марганца реакция (2) протекает в обратную сторону. Для этой реакции при разных концентрациях  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  процент замещения  $\text{SO}_4^{2-}$ -иона теоретически превышает 99%, а экспериментально при малых концентрациях карбоната аммония и температуре 18° он не ниже 85% [2].

Согласно этим данным, загрязнение карбоната марганца кальцием в основном зависит от соотношения ионов марганца и кальция в растворе до введения в него карбоната аммония:



При постоянной концентрации в растворе иона кальция степенно загрязнение полученного продукта этим элементом будет находиться в функциональной зависимости от концентрации иона марганца в растворе. Поэтому естественно, что в продуктах, полученных после обработки карбонатом аммония растворов, содержащих до 0,6—0,7 М  $MnSO_4$  (наши экспериментальные данные) и 0,07 М  $MnSO_4$  (опыты авторов работы [3]), наблюдаются большие расхождения в содержании кальция.

Таблица 1

Молярность раствора в отношении			
$MnSO_4$	$(NH_4)_2SO_4$	$NH_3$	$CaSO_4$
0,82	1,57	1,23	0,017

В концентрате марганца, полученном после обжига нашего продукта, содержание окиси кальция не выше 2%, а марганца 65—66%. В концентрате, полученном авторами работы [3] из икат-гаргинской МКР, содержание окиси кальция доходит до 40% при содержании марганца не выше 42—45%.

Ступенчатое осаждение не позволило нам получить карбонат марганца, стандартный по содержанию кальция. В табл. 2 даются химические составы карбонатов марганца, осажденных по ступеням.

Таблица 2

№ ступени	Компоненты, %						Влага
	Mn	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> '	
1	42,80	1,64	0,075	0,0004	—	0,23	4,65
2	42,35	2,35	0,780	0,0003	—	0,16	4,49
3	42,35	2,42	0,270	0,0005	—	0,23	4,70

Как видно из табл. 2, продукт, полученный при неполном осаждении марганца (первая ступень), содержит значительно меньше окиси кальция (1,64%), чем при полном осаждении после третьей ступени (2,42%).

Во время промывки из карбоната марганца удаляется сера, которая связана не только с кальцием, но и с другими элементами. На это указывает десятикратное уменьшение содержания серы во втором образце при промывке до удаления  $SO_4$ -иона, в то время как количество кальция при этом снизилось только на 26% (табл. 3).

В табл. 3 приведены химические составы трех образцов карбоната марганца: образцы 1 и 2 получены с помощью химически чистого сульфата аммония, а образец 3—с помощью производственного раствора сульфата аммония. При этом образец 1 промыт водой однократно, а образцы 2 и 3—до исчезновения в промывочной воде ионов  $SO_4$ .

С целью замены товарного продукта сульфата аммония промежуточным продуктом завода капролактама — раствором сульфата аммония нами были проведены сравнительные лабораторные опыты по выщелачиванию МКР. Выщелачивали как 3 М раствором химически чистого сульфата аммония, так и промежуточным раствором сульфата аммония завода капролактама.

Таблица 3

№ образца	Компоненты, %							
	Mn	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S <sub>общ</sub>	п. п. п.	Влага
1	43,94	0,08	0,006	2,18	0,61	1,040	38,00	4,15
2	43,06	0,07	0,005	1,60	0,009	0,108	38,45	4,04
3	43,20	—	0,010	1,70	0,59	0,048	37,50	4,08

Замена товарного продукта этим раствором имеет для нашей республики определенное практическое значение, так как в случае нахождения потребителя промышленного раствора сульфата аммония исключается отделение выпарки раствора и кристаллизации сульфата аммония на заводе капролактама. На заводе, где будет предусмотрено получение карбоната марганца, отпадает отделение подготовки раствора — растворения сухой соли.

Лабораторные опыты показали некоторое преимущество производственного раствора сульфата аммония. При использовании производственного раствора в процессе выщелачивания руды содержание марганца доходило до 44 г/л. В этих же условиях при использовании раствора химически чистого сульфата аммония концентрация марганца в растворе не превышала 40 г/л.

Преимуществом такой схемы является еще то обстоятельство, что из регенерированного производственного раствора при выпаривании кристаллы сульфата аммония выделяются значительно легче, чем из производственного раствора, содержащего органические примеси. Значительная часть органической примеси из раствора сульфата аммония уходит в шлам на первой стадии обработки руды. Чтобы проследить влияние этих примесей на полученный карбонат марганца были проведены термографические исследования образцов 2 и 3<sup>1</sup> (табл. 3).

Как видно из представленных термограмм, потери веса при нагревании образцов и дифференциальная запись температуры идентичны, что указывает на отсутствие влияния органических примесей на физико-химическую характеристику образца 3.

Было исследовано также качество сульфата аммония, полученного из следующих растворов: сульфата аммония производства капролактама (образец 1), этого же раствора, регенерированного после его использования для выщелачивания МКР (образец 2), и химически чистого

<sup>1</sup> Термический анализ выполнен Т. В. Батишвили в термической лаборатории отдела минералогии Института геологии АН ГССР на термовесовой автоматической установке АТВУ-5.

того сульфата аммония, также регенерированного после выщелачивания (образец 3).

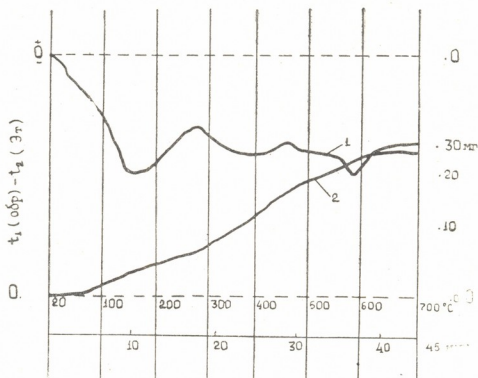


Рис. 1. Термогравитогрaмма карбоната марганца образца 2; 1—дифференциальная запись температуры, 2 — потеря в весе (исходная навеска 63 мг)

Выпаривание и кристаллизация сульфата аммония из этих растворов производились в одинаковых условиях. При выпаривании про-

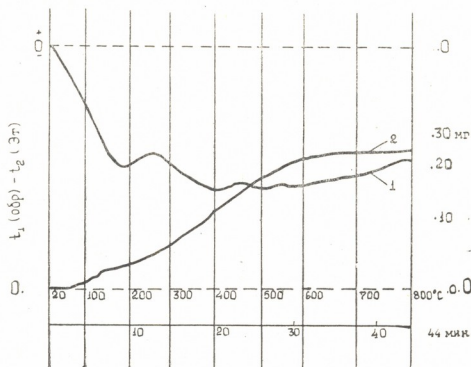


Рис. 2. Термогравитогрaмма карбоната марганца образца 3; 1—дифференциальная запись температуры, 2 — потеря в весе (исходная навеска 71,6 мг)

изводственного раствора сульфата аммония поверхность раствора покрывалась маслянистым слоем, чего не наблюдалось при выпаривании регенерированного раствора после выщелачивания, так как часть органической примеси, как было сказано, уходит в шлам. По нашим наблюдениям, процесс кристаллизации производственного раствора сульфата аммония под влиянием органики идет хуже, чем из регенерированного раствора. Химический состав сульфатов аммония образцов 1, 2 и 3 приведен в табл. 4.

Таблица 4

№ образца	К о м п о н е н т ы. %								
	Mn	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	Влага
1	—	—	—	0,07	0,006	—	24,14	72,01	—
2	0,017	0,025	0,0144	0,17	0,006	—	25,16	71,93	—
3	0,057	—	0,0144	0,49	0,008	—	24,31	71,81	—

Как видно из приведенных данных, содержание аммиака в образце 2 сульфата аммония на 1% выше, чем в образце 1. Содержание марганца в сульфате аммония, полученном из регенерированного производственного раствора сульфата аммония, в 3 раза меньше, чем в сульфате аммония, полученного из регенерированного раствора химически чистого сульфата аммония. Полученные соли удовлетворяют ГОСТ 9097—59.

Таким образом, опыты показали, что химически чистый сульфат аммония легко можно заменить промежуточным продуктом завода капролактама — раствором сульфата аммония.

### Выводы

1. Установлено, что степень загрязнения карбоната марганца кальцием в процессе осаждения  $MnCO_3$  из раствора после выщелачивания МКР находится в функциональной зависимости от концентрации марганца в растворе.

2. Для выщелачивания марганца из МКР вместо раствора химически чистого  $(NH_4)_2SO_4$  можно использовать раствор сульфата аммония — промежуточный продукт производства капролактама.

რ. ღიღიძე, ვ. ჩაბუნავა

 მანგანუმის კარბონატული მადნებისაგან მანგანუმის  
 კარბონატის მიღების საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

მანგანუმის კარბონატის დალეკვის პროცესში, მანგანუმის კარბონატული მადნების გამოტუტვით მიღებული ხსნარებისაგან მანგანუმის კარბონატის კალციუმით გაჭუჭყიანების ხარისხი ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაშია ხსნარში მანგანუმის კონცენტრაციასთან.

ჩატარებულმა შედარებითმა ცდებმა დაგვანახვა კაპროლაქტამის ქარხნის შუალედური პროდუქტის — ამონიუმის სულფატის ხსნარის — ვარგისიანობა მანგანუმის კარბონატის მისაღებად (რეაქტიული ამონიუმის სულფატის ხსნარის ნაცვლად).

შესწავლილ იქნა წარმოების ხსნარის, წარმოების რეგენერირებული ხსნარისა და ქიმიურად სუფთა ამონიუმის სულფატის რეგენერირებული ხსნარის აორთქლების შედეგად მიღებული ამონიუმის სულფატის ხარისხი. მიღებულ პროდუქტში ამიაკის შემცველობის მხრივ დადგინდა წარმოების რეგენერირებული ხსნარის უპირატესობა.

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. P. A. Дидидзе, В. Т. Чагунава. Получение карбоната марганца из марганцевых карбонатных руд. Сообщения АН ГССР, XXXVII:3, 1965.
2. С. И. Вольфович, В. П. Камзолкин и А. А. Соколовский. Использование серной кислоты фосфогипса. ЖХП, № 13, 1929.
3. Ю. М. Голутвин, В. Н. Крюкова и др. Химическое обогащение марганцевых руд Икат-Гаргинского месторождения. Известия восточных филиалов Академии наук СССР, т. 7, 1957.



Т. Г. СААКАШВИЛИ

## СОДЕРЖАНИЕ МАРГАНЦА, КРЕМНИЯ, АЛЮМИНИЯ, МЕДИ И ЦИНКА В КРОВИ БОЛЬНЫХ РАКОМ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

(Представлено академиком В. С. Асатиани 12.9.1965)

Рак предстательной железы с точки зрения участия в его развитии микроэлементов совершенно не изучен. Существуют лишь отдельные работы о содержании цинка в раковой опухоли простаты, указывающие на уменьшение в ней количества этого микроэлемента [1--3].

В то же время в литературе имеются сведения о нарушении обмена микроэлементов у больных злокачественными опухолями разной локализации и высказывается предположение о роли ряда микроэлементов в развитии этих опухолей. Это предположение приобретает характер почти полной уверенности в отношении рака предстательной железы, поскольку эта опухоль признается дисгормональным заболеванием, а микроэлементы, как известно, обнаруживают тесную связь с гормональной деятельностью. Показательно при этом, что, как нами установлено, микроэлементы играют значительную роль в развитии другого дисгормонального заболевания — аденомы предстательной железы [4].

Наконец, необходимо иметь в виду, что сдвиги, наступающие в обмене микроэлементов при тех или иных заболеваниях, отягчают течение болезни, а при некоторых из них могут выступать в качестве основных патогенетических факторов [5].

Принимаясь за исследование роли микроэлементов в развитии рака предстательной железы, мы в первую очередь изучили содержание марганца, кремния, алюминия, меди и цинка в крови больных (26 человек).

Для контроля бралась кровь пожилых мужчин — первичных доноров (28 человек).

Исследование велось методом эмиссионного спектрального анализа.

Аппаратура и детали спектрального исследования

Спектрограф кварцевый ИСП-28.

Осветитель трехлинзовый, состоящий из конденсора ахроматического с фокусным расстоянием 75 мм, конденсора ахроматического с



диафрагмой с фокусным расстоянием 150 мм и конденсора с фокусным расстоянием 257 мм.

Ширина щели 0,008 мм.

Диафрагма — ручка гранаты.

Электроды — спектральночистые угли, заточенные по методу Г. А. Бабенко [6].

Генератор дуги переменного тока ДГ-2.

Ток от 4 до 12 а.

Проба 20 мг золы.

Искусственные стандарты: 0,001; 0,01; 0,1 и 1%. Интенсивность спектральных линий измерялась фотометром МФ-2.

Расшифровка исследуемых спектров проводилась с учетом фона путем сопоставления соответствующих спектральных линий с линиями волн известных длин в спектре железа.

После измерения интенсивности спектральных линий в целях установления количественного содержания микроэлементов для каждого из них строился специальный график.

Обработка материала проводилась методом вариационной статистики.

Результаты исследований приведены в таблице. Для отдельных данных нами использованы общепринятые показатели:  $\bar{x}$  — среднее арифметическое;  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение, которым определяется колеблемость ряда;  $m$  — средняя ошибка среднего арифметического и среднего квадратического отклонений;  $t$  — степень точности разницы между арифметическими средними;  $p$  — надежная вероятность.

Кроме того, мы определяли объем выборки (нужное  $n$ ), достаточный для получения 95% надежности выводов.

Содержание микроэлементов в крови (в мг% на золу)

Элементы	Больные раком простаты		Пожилые мужчины—доноры			Нужное $n$	$t$	$p$
	$\bar{x} \pm m$	$\sigma \pm m$	$\bar{x} \pm m$	$\sigma \pm m$	Всего $n$			
Марганец	$6,92 \pm 1,88$	$9,58 \pm 1,33$	$4,51 \pm 0,58$	$2,94 \pm 0,41$	51	51	1,20	$>0,2$
Кремний	$375,65 \pm 50,33$	$256,16 \pm 35,53$	$287,40 \pm 38,55$	$176,58 \pm 27,58$	47	44	1,31	$>0,2$
Алюминий	$359,72 \pm 61,34$	$312,24 \pm 43,31$	$545,12 \pm 56,61$	$300,04 \pm 40,54$	54	54	7,37	$<0,01$
Медь	$20,14 \pm 3,86$	$19,64 \pm 2,72$	$33,76 \pm 3,87$	$18,19 \pm 2,68$	49	48	2,56	$<0,02$
Цинк	$60,64 \pm 7,60$	$36,43 \pm 5,37$	$11,60 \pm 12,43$	$60,79 \pm 8,81$	47	46	3,63	$<0,01$

Как видно из таблицы, в крови больных раком простаты понижено содержание меди, цинка и алюминия. Количество кремния и марганца не изменяется.

Литературные указания об изменении количества микроэлементов в крови больных раком разной локализации разноречивы.

Наши результаты совпадают с данными некоторых авторов о понижении содержания меди, цинка и нормальном уровне марганца и кремния.

Однако, в противовес нам, ряд авторов отмечает повышение содержания меди, цинка и кремния. Согласно другим исследователям, содержание меди, цинка и алюминия в крови больных злокачественной опухолью не меняется.

Таким образом, наше исследование показало, что в крови больных раком предстательной железы понижено количество меди, цинка и алюминия. Это явление можно объяснить нарушением регуляторных механизмов обмена микроэлементов, поддерживающих содержание их в крови на постоянном уровне. Существование такого механизма доказано, причем в таком регулировании должна играть роль центральная нервная система, поскольку установлено, что ее функциональное состояние влияет на обмен микроэлементов в организме. К тому же, в каждом случае мы имеем дело с пожилыми мужчинами, а значит, с людьми с измененными в некоторой степени функциями центральной нервной системы.

Уменьшение в крови цинка и меди, т. е. микроэлементов, содействующих функциям печени и синтезу белка, является одной из причин угнетения этих функций и тем самым нарушения белкового обмена, найденного рядом авторов при раке предстательной железы.

Указанные нарушения, помимо прочего, должны, со своей стороны, влиять также на равновесие гормонального баланса, играющего ведущую роль в развитии рака предстательной железы.

Известно, что белки сыворотки связывают кортикостероиды и другие стероидные гормоны, причем определенные фракции способны связывать определенные гормоны. Несмотря на большое разногласие в литературе по вопросу о физиологическом значении связывания стероидных гормонов белками, почти все исследователи признают значение этого процесса в регулировании концентрации активных гормонов в крови. Связанные с белками гормоны труднее проникают из крови в ткани и обладают гораздо меньшей активностью, нежели свободные гормоны. Связывание их белками в норме, очевидно, предохраняет организм от ряда нарушений, которые неминуемо возникли бы при усиленной секреции гормонов и последующем значительном увеличении концентрации их свободных форм в крови. Кроме того, в поддержании гормонального баланса участвует и печень.

Уменьшение в крови меди и цинка может повлиять на гормональное равновесие и другим путем. Это влияние может осуществиться непосредственно, как активирование гонадотропной функции гипофиза микроэлементами, выступающими в качестве звеньев общей цепи, координирующей деятельность эндокринных желез.

Наше исследование с убедительностью свидетельствует о перспективности дальнейших работ, направленных на изучение роли микроэлементов развитии рака предстательной железы.

Институт урологии АМН СССР

Тбилиси

(Поступило в редакцию 12.9.1965)

## თ. სააკაშვილი

 მანგანუმის, სილიციუმის, ალუმინის, სპილენძისა და თუთიის  
 შემცველობა სისხლში წინამდებარე ჯირკვლის კიბოს დროს

## რეზიუმე

მიკროელემენტების შემცველობა სისხლში წინამდებარე ჯირკვლის კიბოს დროს სრულიად შეუსწავლელია. ემისიური სპექტრული ანალიზის მეთოდით მიღებულია მონაცემები 26 ავადმყოფის სისხლში.

მანგანუმის, სილიციუმის, ალუმინის, სპილენძისა და თუთიის შემცველობის შედარებისათვის შესწავლილია 28 ხანშიშესული მამაკაცის — პირველადი ღონორის სისხლი.

მონაცემები დამუშავებულია ვარიაციული სტატისტიკის მეთოდით.

აღმოჩნდა, რომ წინამდებარე ჯირკვლის კიბოს დროს სისხლში დაქვეითებულია ალუმინის, სპილენძისა და თუთიის რაოდენობა.

ჩვენ მიგვაჩნია, რომ სპილენძისა და თუთიის რაოდენობის დაქვეითება გარკვეულ როლს ასრულებს აღნიშნული დაავადების დროს არსებული პათოლოგიური პროცესების განვითარებაში; ასეთებია: ღვიძლის ფუნქციის დაქვეითება, დისპროტეინემია, ჰორმონული ბალანსის დარღვევა.

## დამოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. Arnold, D. Sasse. Quantitative and histochemical analysis of Cu, Zn and Fe in spontaneous and induced primary tumors of rats. *Cancer Rev.*, 21, 6, 1961, 761—766.
2. W. K. Kerr, A. G. Keresteci, H. Mayo. The distribution of zinc within the human prostate. *Cancer*, 13, 1960, 550—554.
3. G. A. Mawson, M. Y. Fischer. Zinc content of the genital organs of the rat. *Nature*, 167, 4256, 1951, 859.
4. T. G. Saakashvili. К вопросу о роли некоторых микроэлементов в развитии так называемой гипертрофии предстательной железы. *Сообщения АН СССР*, XXXVIII:1, 1965, 85—90.
5. Г. А. Бабенко. Ионизирующее излучение и микроэлементы. Автореферат, Киев, 1962.
6. Г. А. Бабенко. Метод приготовления электродов, предотвращающих выбрасывание материала при горении дуги. *Научные записки Станиславского мед. ин-та*, 1961, 85—87.



3. შორიძე

ამინომჟავებისა და ამიაკის რაოდენობის ცვალებადობა  
დიზენტერიით დაავადებულ ჩვილ ბავშვთა შარდში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ასათიანმა 24.9.1965)

ჩვილ ბავშვებში დიზენტერია მძიმე დაავადებაა. დიზენტერიის მძიმედ მიმდინარეობა და გართულების სიხშირე აღნიშნულ ასაკში აიხსნება ორგანიზმის თავისებური რეაქციულობით შინაგან და გარეგან გამაღიზანებელზე. რეაქციულობის განსაზღვრისათვის კი მხედველობაში ღებულობენ კლინიკურ სინდრომს, გამოხატულს კუნთოვან, გულსისხლძარღვოვან, კუჭნაწლავის, სისხლმზადი ორგანოების, ჰემოდინამიკურ და ბიოქიმიურ ცვლილებებს გარკვეული გადახრებით.

მკვლევართა ერთი ნაწილი დიზენტერიული ტოქსიკოზის განვითარებაში დიდ როლს აკუთვნებს ღვიძლის ფუნქციის მოშლას. აღნიშნავენ, რომ ნივთიერებათა ცვლის ტოქსიკური პროდუქტები უცვლელად გადადიან ღვიძლიდან სისხლში და იწვევენ კაპილარების დაზიანებას, ანჰიდრემიას, ანოქსემიას, აცედოზსა და შოკურ მდგომარეობას. ამრიგად, დიზენტერიის ტოქსინის მოქმედების შედეგად აღვილი აქვს ცენტრალური და ვეგეტაციური ნერვული სისტემის ფუნქციის მოშლას, რასაც თან სდევს ღვიძლის ანტიტოქსიკური, პიგმენტური, ცილოვანი და ნახშირწყლოვანი ცვლის მოშლაც; ზოგჯერ კი — მორფოლოგიური ხასიათის ცვლილებები, რაც გამოიხატება ცხიმოვანი დეგენერაციის სახით.

ღვიძლის ფუნქციურ მოშლილობაზე ტოქსიკური დიზენტერიისა და დისპეპსიის დროს მიუთითებს მრავალი მკვლევარი [1—3]. მათ აზრით, ტოქსიკოზის დროს არა მარტო ქვეითდება ღვიძლის ანტიტოქსიკური ფუნქცია, არამედ წარმოიშობა კიდევ ახალი უხამიანი პროდუქტები, რომლისაგანაც ორგანიზმი თავისუფლდება უმთავრესად შარდის გზით.

ორგანიზმისათვის მაგნე პროდუქტი ამიაკი, რაც აღტურვილია ტუტე რეაქციით და განუწყვეტლივ წარმოიშობა ღვიძლში ამინომჟავების დეზამინირების შედეგად (გარდაიქმნება შარდოვანად). უკანასკნელი წარმოადგენს ინდიფერენტულ, ნეიტრალური ხასიათის ნივთიერებას, აღარაა მავნე მოქმედი და გამოიყოფა შარდით. ამიტომ, ამინომჟავებისა და ამიაკის განსაზღვრით შარდში შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ღვიძლის ფუნქციაზე.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ამიაკისა და ამინომჟავების რაოდენობის ცვალებადობა დიზენტერიით დაავადებულ ჩვილ ბავშვებში კლინიკური ფორმების გათვალისწინებით და მკურნალობასთან დაკავშირებით. დაკვირვება წარმოებდა დიზენტერიით დაავადებულ 80 ბავშვზე, რომელთაგან 3 თვიდან 1 წლამდე ასაკისა იყო 42 ბავშვი, ხოლო 1-დან 2,5 წლის ასაკამდე—38 ბავშვი. მწვავე დიზენტერიით დაავადებული იყო 49 ბავშვი, ხოლო ჩრონიკული დიზენტერიით — 31 ბავშვი. კლინიკური ფორმების მიხედვით მწვავე დიზენტერიის საშუალო ფორმები მოიცავდა 33 შემთხვევას, ხოლო ჩრონიკული დიზენტერია 13 შემთხვევას. ტოქსიკური ფორმა აღინიშნებოდა მწვავე დიზენტერიის 16

შემთხვევაში და ქრონიკული დიზენტერიის 18 შემთხვევაში (სეფსისურ-ტოქსიკური ფორმა).

მთელ მასალაზე I ხარისხის დისტროფიას ადგილი ჰქონდა 24 შემთხვევაში, II ხარისხის დისტროფიას—19 შემთხვევაში, ხოლო III ხარისხისას—2 შემთხვევაში.

ბუნებრივ კვებაზე იმყოფებოდა 41 ბავშვი, ხელოვნურზე—19, ხოლო შერეულზე—20 ბავშვი. ბიოქიმიური გამოკვლევები წარმოებდა 3-ჯერ — მკურნალობის წინ, შუა პერიოდში და მკურნალობის ბოლოს, ე. ი. როცა სწორდებოდა ზოგადი და ადგილობრივი მოვლენები.

მედიაკამენტური მკურნალობის ხასიათის მიხედვით მთელი მასალა პირობითად დავყავით ორ ძირითად ჯგუფად.

I ჯგუფის 50 ავადმყოფი სათანადო ჩვენების დროს ღებულობდა შემდეგ სამკურნალო საშუალებებს: სინტომიცინს, ლეომიცეტინს, სტრეპტომიცინს; გართულების შემთხვევაში — სულფამიდურ პრეპარატებსა და პენიცილინს; პარალელურად ღებულობდა სასტიმულაციო საშუალებებს (პლაზმა, ვიტამინები, ჰემოთერაპია) და სიმპტომატურ საშუალებებს (რკინის პრეპარატები, ქლორიანი კალციუმი, გულის საშუალებანი და სხვა).

II ჯგუფის 30 ავადმყოფი ღებულობდა კოლომიცინსა და მიცერინს. ზოგი მათგანი შესაფერი ჩვენების დროს ღებულობდა კომბინირებულად სტრეპტომიცინს, სინტომიცინს და სულფადიმეზინსაც. საჭიროების შემთხვევაში უკეთდებოდათ პენიცილინი. ამ ჯგუფის ავადმყოფები ღებულობდნენ აგრეთვე მთელ რიგ ზემოთ ჩამოთვლილ სასტიმულაციო სიმპტომატურ საშუალებებს. გახანგრძლივებულ შემთხვევებში ღებულობდნენ ჰორმონალურ პრეპარატებს (პრედნიზოლონი), მეთიონინსა და გლუტამინის მყავას.

ანტიბიოტიკებისა და სულფამიდური პრეპარატების დოზირება ხდებოდა ასაკისა და წონის მიხედვით. მეტწილ შემთხვევებში ავადმყოფები მას ღებულობდნენ დასაღვეად, ხოლო ძლიერი ექსიკოზისა და ტოქსიკოზის დროს ავადმყოფებს უკეთდებოდა წვეთოვანი ინექცია ვენაში (პლაზმა, რონგერის ხსნარი, გლუკოზა, ვიტამინები და სტრეპტომიცინი). შეუზოვარი ღებინების დროს — კუჭის ამორეცხვა ბორჯომის ცივი წყლითა და რონგერის ხსნარით.

ჩვენი გამოკვლევების მიხედვით ჯანმრთელ ბავშვებზე შარდის საერთო ამიაკისა და ამინომჟავების რაოდენობაზე ნათელ წარმოდგენას გვაძლევს 1 ცხრილი.

ცხრილი 1

დასახელება	3 თვიდან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე		
	მინ. მაქს.	M ± m	γ	მინ. მაქს.	M ± m	γ
ამიაკი	0,14 —0,20	+0,16 —0,006	0,018 0,018	0,16 0,22	0,19 ±0,010	0,027
ამინომჟავე- ბი	0,016 0,030	0,023 ±0,002	0,005	0,033 0,067	0,043 ±0,005	0,013

მწვავე დიზენტერიის დროს შარდში ამინომჟავების რაოდენობის რყევადობის ორივე ჯგუფის მონაცემები მოგვყავს მე-2 ცხრილში.

(მასალა დამუშავებულია ვარიაციული სტატისტიკის მეთოდით).

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს ორივე ჯგუფის ბავშვებში მკურნალობის წინ ამინომჟავების რაოდენობა ნორმის მაღალ დონეზეა, მკურნალობის შემდეგ იგი თანდათან მცირდება და ნორმას უახლოვდება.

დასახელება	I ჯგუფი			I ჯგუფი			II ჯგუფი			II ჯგუფი		
	3 თვიდან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე			3 თვიდან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,031	0,026	0,024	0,056	0,051	0,032	0,031	0,027	0,021	0,047	0,036	0,035
γ	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002
m	0,0007	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,008	0,0006	0,0005	0,0004	0,001	0,0007	0,0007
t		0,58	1,0		13,5	2,0		8,9	14,0		15,7	12,1
p		0,5	0,2		0,001	0,05		0,001	0,00		0,001	0,001

კლინიკური ფორმების მიხედვით ორივე ჯგუფის მწვავე დიზენტერიის მსუბუქი და საშუალო ფორმების დროს ამინომკავეების დინამიკაზე მეტყველებს მე-3 ცხრილის მონაცემები.

ცხრილი 3

დასახელება	I ჯგუფი (17 ავადმყოფზე)			II ჯგუფი (16 ავადმყოფზე)		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,041	0,031	0,030	0,036	0,027	0,026
γ	0,017	0,013	0,001	0,014	0,0092	0,0090
m	0,0041	0,0031	0,0026	0,0035	0,0023	0,0022
t		2,0	2,30		2,25	2,81
p		0,05	0,02		0,02	0,02

ამრიგად, როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ძწვავე დიზენტერიის მსუბუქი და საშუალო ფორმების დროს მკურნალობის წინ ამინომკავეების რაოდენობა შარდში მცირედ მომატებულია, რაც მკურნალობის შედეგად ნორმის ფარგლებშია.

ტოქსინური ფორმების დროს ამინომკავეების რაოდენობა შემდეგნაირად ცვალებადობს (იხ. ცხრილი 4):

ცხრილი 4

დასახელება	I ჯგუფი			II ჯგუფი		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,059	0,043	0,037	0,034	0,022	0,021
γ	0,023	0,022	0,013	0,0084	0,0042	0,0037
m	0,0081	0,0077	0,0045	0,0029	0,0014	0,0013
t		1,60	2,40		3,75	4,0
p		0,1	0,02		0,001	0,001

როგორც მეოთხე ცხრილიდან ჩანს, ტოქსინური ფორმების დროს ამინომკავეების მომატება დასაწყისში უფრო თვალსაჩინოა და მკურნალობის შემდეგ პერიოდში იგი თანდათან მცირდება, მაგრამ ავადმყოფის გაწერისას ნორმის ზემო ღონეზე მაინც დგას, განსაკუთრებით I ჯგუფის ავადმყოფებში, ხოლო ნორმას უბრუნდება ან ოდნავ ქვეითდება II ჯგუფის ავადმყოფებში.



ქრონიკული დიზენტერიის ამინომჟავების რაოდენობა შარდში მერყეობს (იხ. ცხრილი 5).

ცხრილი 5

დასახელება	I ჯგუფი			I ჯგუფი			II ჯგუფი		
	3 თვიდან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე			3 თვიდან 1 წლამდე		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,031	0,027	0,021	0,062	0,053	0,042	0,043	0,029	0,025
γ	0,002	0,002	0,001	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002
m	0,0007	0,0016	0,004	0,0013	0,011	0,008	0,0009	0,0006	0,0005
t		4,3	13,8		16,6	46,0		14,1	18,2
p		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001

როგორც მე-5 ცხრილიდან ჩანს, ამინომჟავების რაოდენობა ქრონიკული დიზენტერიის დროს მკურნალობის წინ ორივე ჯგუფში მომატებულია მკურნალობის შუა პერიოდში. I ჯგუფის ბავშვებში იგი ქვეითდება საწყის დონესთან შედარებით, მაგრამ ნორმის ოდნავ მაღალ დონეს მაინც ინარჩუნებს; დასასრულს კი ნორმის ფარგლებშია. II ჯგუფის ბავშვებში ამინომჟავების რაოდენობა შარდში მკურნალობის შუა პერიოდის დროს ნორმის ფარგლებშია.

კლინიკური ფორმების მიხედვით ქრონიკული დიზენტერიის დროს ამინომჟავების რაოდენობა მერყეობს (იხ. ცხრილი 6).

ცხრილი 6

დასახელება	I ჯგუფი (13 ავადმყოფი) (მსუბუქი და საშუალო ფორმა)		
	მკურნ. წინ	შუაში	შემდეგ
M	0,053	0,043	0,037
γ	0,015	0,013	0,0017
m	0,0041	0,0036	0,019
t		2,0	3,5
p		0,05	0,001

ამრიგად, მე-6 ცხრილის მონაცემებით, ქრონიკული დიზენტერიის მსუბუქი და საშუალო ფორმების დროს ამინომჟავების რაოდენობა შარდში მკურნალობის წინ მომატებულია, მკურნალობის შედეგად იგი მცირდება, მაგრამ მკურნალობის დასასრულს ნორმის საშუალო დონეს მაინც ვერ აღწევს.

ცხრილი 7

დასახელება	I ჯგუფი (12 ავადმყოფი)			II ჯგუფი (6 ავადმყოფი)		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. შემდეგ
M	0,059	0,042	0,037	0,043	0,029	0,025
γ	0,024	0,023	0,016	0,003	0,002	0,002
m	0,0072	0,0066	0,0046	0,0009	0,0006	0,0005
t		1,47	2,35		14,0	18,2
p		0,05	0,02		0,001	0,001

ქრონიკული დიზენტერიის სეფსისური ან სეფსისურ-ტოქსიკური ფორმების დროს ამინომჟავების დინამიკის მონაცემები მოგვყავს მე-7 ცხრილში.



სეფსისური ფორმების დროს ორივე ჯგუფში (ეს ფორმა მეტწილად დისტროფიით მიმდინარეობს) მკურნალობის წინ ამინომეავეების რაოდენობა მკვეთრად მომატებულია, მკურნალობის შედეგად I ჯგუფის ბავშვებში იგი ქვეითდება, მაგრამ ნორმის მცირედ მაღალ დონეს მაინც ინარჩუნებს, ხოლო II ჯგუფის ბავშვებში მკურნალობის შუა პერიოდის დროს ფარგლებშია. ამდენად, მწვავე და ქრონიკული დიზენტერიის დროს მკურნალობის წინ ამინომეავეების რაოდენობა შარდში მომატებულია; მკურნალობის ბოლოს კი ნორმას უახლოვდება, განსაკუთრებით, II ჯგუფის ავადმყოფებში.

შარდში ამიაკის რაოდენობის ცვალებადობას, მწვავე დიზენტერიის დროს ნათელ წარმოდგენას გვაძლევს მე-8 ცხრილი (მასალა დამუშავ. ვარიაციული მეთოდით).

ცხრილი 8

დასახელება	I ჯგუფი			I ჯგუფი			II ჯგუფი			II ჯგუფი		
	3 თვიდან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე			3-დან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,24	0,21	0,22	0,31	0,24	0,20	0,23	0,21	0,17	0,25	0,21	0,19
γ	0,018	0,020	0,015	0,022	0,020	0,014	0,017	0,017	0,017	0,019	0,017	0,013
m	0,005	0,005	0,004	0,006	0,005	0,004	0,005	0,004	0,003	0,005	0,004	0,004
t		3,3	4,5		7,7	15,6		4,7	12,0		7,8	10,7
p		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001

მე-8 ცხრილიდან ჩანს, რომ მკურნალობის წინ ამიაკის რაოდენობა ორივე ჯგუფის ავადმყოფთა შარდში მომატებულია, მკურნალობის შემდეგ მცირდება, მაგრამ I ჯგუფის ბავშვებში მაინც ნორმის მაღალ დონეზეა, ხოლო II ჯგუფის ავადმყოფებში იგი ნორმის ფარგლებშია.

კლინიკური ფორმების მიხედვით ორივე ჯგუფის მწვავე დიზენტერიის მსუბუქი და საშუალო ფორმების დროს ამიაკის რაოდენობა მერყეობს (იხ. ცხრილი 9).

ცხრილი 9

დასახელება	I ჯგუფი (მსუბუქი და საშ. ფორმა)			II ჯგუფი (მსუბუქი და საშ. ფორმა)		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,26	0,22	0,20	0,24	0,19	0,18
γ	0,075	0,035	0,035	0,051	0,054	0,021
m	0,081	0,0084	0,00848	0,0127	0,0135	0,0065
t		2,10	3,30		2,90	3,84
p		0,02	0,001		0,001	0,001

როგორც მე-9 ცხრილის მონაცემები ადასტურებს, მწვავე დიზენტერიის მსუბუქი და საშუალო ფორმების დროს მკურნალობის დასაწყისში ამიაკის რაოდენობა შარდში მომატებულია. მკურნალობის შემდგომ პერიოდში იგი მცირდება, მაგრამ I ჯგუფის ავადმყოფებში ნორმის ოდნავ მაღალი დონე დგას, ხოლო II ჯგუფის ავადმყოფებში ნორმის ფარგლებშია.

მწვავე დიზენტერიის ტოქსიკური ფორმის დროს ამიაკის რაოდენობა ცვალებადობს (იხ. ცხრილი 10).

## ცხრილი 10

დასახელება	I ჯგუფი (ტოქსიკური ფორმა)			II ჯგუფი (ტოქსიკური ფორმა)		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,31	0,25	0,20	0,24	0,19	0,17
γ	0,084	0,12	0,13	0,053	0,037	0,020
m	0,029	0,042	0,045	0,0187	0,013	0,007
t		1,2	2,0		2,25	3,70
p		0,2	0,05		0,05	0,031

როგორც მე-10 ცხრილიდან ჩანს, ტოქსიკური ფორმების დროს მკურნალობის წინ ამიაკის რაოდენობა შარდში შესამჩნევად მომატებულია, ხოლო მკურნალობის დასასრულს იგი ნორმის ფარგლებში მერყეობს.

ქრონიკული დიზენტერიის დროს ამიაკის რაოდენობა შარდში მერყეობს (იხ. მე-11 ცხრილი).

## ცხრილი 11

დასახელება	3 თვიდან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე			1 თვიდან 1 წლამდე			1-დან 2,5 წლამდე		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,28	0,22	0,19	0,28	0,24	0,22	0,23	0,21	0,17	0,25	0,21	0,19
γ	0,021	0,018	0,013	0,021	0,020	0,015	0,017	0,017	0,017	0,019	0,0017	0,015
m	0,006	0,005	0,004	0,006	0,005	0,004	0,005	0,004	0,003	0,005	0,004	0,004
t		7,7	14,0		5,6	9,3		4,7			7,8	10,7
p		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001		0,001	0,001

მე-11 ცხრილის მონაცემების მიხედვით, ამიაკის რაოდენობა ორივე ჯგუფის ბავშვებში მკურნალობის წინ მომატებულია, მკურნალობის შუა პერიოდში იგი მცირდება და ნორმის ოდნავ ზემო დონეზე დგება, ხოლო დასასრულს ნორმას უახლოვდება.

## ცხრილი 12

დასახელება	I ჯგუფი		
	მკურნ. წინ	შუაში	შემდეგ
M	0,30	0,23	0,21
γ	0,025	0,071	0,040
m	0,0265	0,0196	0,0110
t		2,15	3,2
p		0,05	0,001

შენიშვნა: II ჯგუფის ქრონიკული ფორმა ყველა სეფსისურია.

კლინიკური ფორმების მიხედვით ქრონიკული დიზენტერიის დროს ამიაკის რაოდენობა მერყეობს (იხ. ცხრილი 12).

როგორც მე-12 ცხრილიდან ჩანს, ორივე ჯგუფის მსუბუქი და საშუალო ფორმების დროს მკურნალობის წინ ამიაკის რაოდენობა შარდში მომატებულ-

ლია. მკურნალობის შუა და ბოლო პერიოდში იგი მცირდება და ასაკობრივ ნორმას უახლოვდება.

ქრონიკული დიზენტერიის სეფსისურ-ტოქსიკური ფორმების დროს ამიაკის დინამიკის სურათს იძლევა მე-13 ცხრილი.

ცხრილი 13

დასახელება	I ჯგუფი (12 ავადმყოფზე)			II ჯგუფი (6 ავადმყოფზე)		
	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს	მკურნ. წინ	შუაში	მკურნ. ბოლოს
M	0,29	0,23	0,23	0,26	0,21	0,20
γ	0,067	0,052	0,042	0,019	0,017	0,014
m	0,0193	0,0152	0,0121	0,006	0,004	0,004
t.		2,60	2,85		5,9	10,7
p		0,02	0,01		0,001	0,001

მე-13 ცხრილიდან ჩანს, რომ სეფსისური ფორმების დროს (როცა ხშირად დისტროფიით მიმდინარეობს) მკურნალობის წინ ამიაკის რაოდენობა მომატებულია და მკურნალობის შუა და ბოლო პერიოდში იგი მცირდება, ნორმის ოდნავ ზემო დონეზეა.

ამრიგად, როგორც მწვავე, ისე ქრონიკული დიზენტერიის დროს მკურნალობის წინ ამიაკის რაოდენობა შარდში მომატებულია. მკურნალობის შედეგად იგი თანდათან მცირდება და დასასრულს ნორმის ფარგლებშია, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ქრონიკული დიზენტერიის სეფსისურ ფორმას, როდესაც ამიაკი თუმცა მცირდება საწყისთან შედარებით, მაგრამ ნორმის მაღალ დონეზე მაინც დგას.

ჩვენი მასალის მიხედვით დიზენტერიის დროს ღვიძლის ფუნქცია დაქვეითებულია ამინომეავეების დეზამინირებისა და ბარიერული ფუნქციის მხრივ, რაც უფრო მკვეთრადაა გამოხატული მძიმე ტოქსიკურ-სეფსისურ შემთხვევებში.

დასკვნები

- ჩვილ ბავშვთა ასაკის მწვავე და ქრონიკული დიზენტერიის დროს მკურნალობის წინ ამინომეავეებისა და ამიაკის რაოდენობა შარდში მომატებულია.
- ამიაკისა და ამინომეავეების მკვეთრი მომატება შენიშნულია განსაკუთრებით მძიმედ მიმდინარე შემთხვევებში (ტოქსიკურ-სეფსისური ფორმა და ღრმა დისტროფია).
- კომპლექსური მკურნალობის შიოიგათ (ანტიბიოტიკები, ვიტამინები, პლაზმა, მეთიონინი და სხვა) ამინომეავეების რაოდენობა ნორმას უბრუნდება, ხოლო ამიაკის მაჩვენებელი ოდნავ ზემო დონეს მაინც ინარჩუნებს, რაც მოითხოვს გარკვეულ ყურადღებას მკურნალობის თვალსაზრისით.
- ამინომეავეებისა და ამიაკის განსაზღვრა შარდში გვეხმარება ღვიძლის ფუნქციის შესწავლისა და დიეტურ-მედიკამენტური მკურნალობის შერჩევაში.

თბილისის ბავშვთა პირველი  
 გაერთიანებული საავადმყოფო

В. М. КОРИДЗЕ

ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА АМИНОКИСЛОТ И АММИАКА  
ПРИ ДИЗЕНТЕРИИ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА

## Резюме

Материал охватывает 80 больных острой (49 случаев) и хронической (31 случай) дизентерией. Наблюдаемые больные по возрасту распределяются следующим образом: от 3 месяцев до 1 года—42 случая, от 1 года до 2,5 лет — 38 случаев.

У детей раннего возраста при острой и хронической дизентерии до лечения количество аминокислот и аммиака в моче повышено.

Резкое повышение количества аммиака и аминокислот наблюдается при чрезвычайно тяжело протекающих формах болезни (токсической, септической и глубокой дистрофии).

В результате проведенного комплексного лечения (антибиотики, витамины, плазмы, метион и др.) количество аминокислот возвращается к норме, а показатели аммиака частично остаются на уровне верхней границы, что требует от лечащего врача определенного внимания для проведения соответствующего лечения.

Определение в моче аммиака и аминокислот помогает нам в изучении функции печени и в подборе соответствующего медикаментозного и диетического лечения.

## საზოგადოებო ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. А. Тур. Гематология детского возраста. М., 1950.
2. Г. Фанкони. Руководство по детским болезням. М., 1960.
3. Е. И. Хохол. Бактериальная дизентерия и колитэнтериты у детей раннего возраста. М., 1960.

Е. Г. ГОЦИРИДЗЕ

## О СОДЕРЖАНИИ ФОСФОРА И АЗОТА В ЛИПИДАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА, ВЫДЕЛЕННЫХ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

(Представлено академиком П. А. Кометиани 21.9.1965)

В ранее опубликованной работе [1] мы показали, что при утомлении животного электрическим раздражением содержание фосфора в фосфолипидах головного мозга увеличивается, а при инкубации срезов отмечается тенденция к снижению. Количество азота в фосфолипидах снижается в обоих случаях. При этом сравнительно с фосфором изменение в содержании азота наблюдается более отчетливо. По-видимому, азотистые основания обладают большей метаболической активностью, чем фосфатная группа фосфолипидов. Не исключено и то, что в процессах обмена, кроме фосфолипидов, участвуют также другие липиды, содержащие азот.

Наши данные об уменьшении содержания азота в фосфолипидах при инкубации противоречат данным Врба [2], который показал, что при инкубации срезов головного мозга количество азота в липидах, наоборот, увеличивается. Наше исследование посвящено выяснению причин этого противоречия.

### Методика исследований

Опыты проведены со срезами головного мозга взрослых крыс, а также с гомогенатами головного мозга кошки.

Срезы инкубировались в бикарбонатном растворе Рингера-Кребса (рН 7,4) в продолжение 1,5 часа в аэробных условиях при 37°. После инкубации обработку смеси производили или методом Фольча, описанным ранее [1], или по Врба [3]: к смеси добавляли раствор трихлоруксусной кислоты (конечная концентрация 10%), затем смесь тщательно растирали и центрифугировали. Осадок промывали два раза 10% трихлоруксусной кислотой (2 мл на 300 мг срезов), центрифугировали и хранили в продолжение 12 часов на холоду. Осадок от трихлоруксусной кислоты обрабатывали сперва ацетоном, а затем смесью метилового спирта и эфира (3:1), хлороформа и метилового спирта (2:1) и, наконец, эфиром. Экстракцию производили 5 мл растворителя на 300 мг срезов (ацетон употребляли в количестве 8 мл). В экстракте количество азота определяли по микро-Кьельдалю, а фосфора—по Фиске-Суббароу. Определение количества аминного и амидного азота проводили после высушивания экстракта и гидролиза в



течение 2 часов при 100°. Аминный азот определяли методом Розе-на [4] после гидролиза с 2 н. NaOH, амидный же азот—по А. И. Силаковой [5] после гидролиза с 1 н. HCl.

### Полученные данные и их обсуждение

Первым делом мы изучили изменение содержания азота и фосфора в липидах при инкубации срезов головного мозга. Выделение липидов производили из трихлоруксусного осадка [3]. Полученные нами данные (табл. 1) подтвердили вывод Врба об увеличении содержания азота в липидах головного мозга (данные статистически достоверны). В отличие от опытов Врба, мы определяли также количество липидного фосфора. По приведенным в табл. 1 данным, при инкубации срезов содержание фосфора практически не изменяется. При этом количественное отношение фосфора к азоту снижается.

Таблица 1

Изменение количества фосфора и азота в липидах головного мозга крысы при инкубации срезов (мг на 100 г свежей ткани). Экстрагирование липидов из трихлоруксусного осадка. Среднее из шести опытов

Фосфор и азот	Среднее арифметическое	M	m	P
Фосфор				
Контроль	218	+1.00	±5.40	>0.5
Инкубация	219			
Азот				
Контроль	198	+28.00	±10.60	<0.05
Инкубация	226			
Фосфор/азот				
Контроль	1.10	-0.14	±0.05	<0.05
Инкубация	0.97			

В работе, опубликованной ранее [1], экстракцию липидов мы проводили методом Фольча, непосредственной обработкой срезов смесью хлороформа и метилового спирта (2:1). Необходимо отметить, что при применении метода Фольча азот в липидах определяется в меньшем количестве, чем в экстракте трихлоруксусного осадка. В содержании фосфора разница при этом не наблюдается [6]. Надо предполагать, что при обработке трихлоруксусной кислотой некоторые азотсодержащие соединения подвергаются изменениям, в результате которых они становятся растворимыми в органических растворителях. Для проверки этого предположения мы провели ряд опытов по экстракции липидов в различных условиях. Из гомогената головного мозга кошки липиды выделяли разными методами. Как видно из данных табл. 2, разные количества липидов экстрагируются в зависимости от применяемого метода. При этом количественное соотношение фосфора и азота колеблется в больших пределах.

При экстракции осадка от трихлоруксусной кислоты в раствор переходит наибольшее количество фосфора и азота. Видимо, это обусловлено распадом некоторых липопротеинов в результате действия трихлоруксусной кислоты. При отмывании осадка от трихлоруксусной кислоты ацетоном содержание липидов в осадке значительно снижается в результате удаления части липидов ацетоном [7]. Снижение липидного азота вызвано также тем, что под действием ацетона разрушаются протеолипиды и фосфатидопептиды и освободившаяся при этом белковая часть при последующей обработке органическими растворителями не переходит в раствор [8].

Таблица 2

Содержание фосфора и азота в липидах головного мозга кошки, полученных при различных условиях экстрагирования (мг на 100 г свежей ткани).  
Среднее из трех опытов

№ п/п	Условия экстрагирования	Фосфор	Азот	Фосфор/ азот
1	Непосредственное экстрагирование по Фольчу, смесью хлороформа и метилового спирта (2:1)	206	162	1,28
2	Обезвоживание ацетоном (раствор отбрасывается), экстрагирование смесью метилового спирта и эфира (3:1), хлороформа и метилового спирта (2:1) и эфиром	191	159	1,19
3	Осаждение трихлоруксусной кислотой, экстрагирование смесью метилового спирта и эфира (3:1), хлороформа и метилового спирта (2:1) и эфиром	245	226	1,08
4	Осаждение трихлоруксусной кислотой и ацетоном (раствор отбрасывается), экстрагирование смесью метилового спирта и эфира (3:1), хлороформа и метилового спирта (2:1) и эфиром	124	111	1,12
5	Осаждение трихлоруксусной кислотой, экстрагирование ацетоном, смесью метилового спирта и эфира (3:1), хлороформа и метилового спирта (2:1) и эфиром (по Врба)	218	198	1,10

В литературе имеется указание на то, что количественное выделение липидов, в частности фосфолипидов, по Фольчу имеет ряд преимуществ [8]. Доказывается это и нашими данными. Количественное отношение фосфора к азоту достигает наибольшей величины при экстракции липидов по Фольчу. Однако при применении метода Фольча некоторые комплексы, например фосфатидопептиды, не экстрагируются неподкисленными органическими растворителями.

Более высокие цифры содержания азота, полученные нами при экстракции осадка от трихлоруксусной кислоты, можно объяснить переходом в раствор липидов, освободившихся из липопротеинов и, видимо, также нелипидных соединений. Например, имеется указание на то, что некоторые белки растворяются в органических растворителях после предварительной обработки трихлоруксусной кислотой [9]. С этой точки зрения предварительная обработка трихлоруксусной кислотой не дает удовлетворительных результатов при выделении липидов из тканей [6, 8].



С целью выяснения характера изменений в липидах при инкубации срезов головного мозга мы провели ряд дальнейших опытов. После инкубации в липидах, кроме общего азота, определяли также аминный и амидный азот: Экстракт липидов готовили двумя способами: 1) смесью хлороформа и метилового спирта (2:1) по Фольчу и 2) из трихлоруксусного осадка рядом органических растворителей, а именно ацетоном, смесью метилового спирта и эфира (3:1), хлороформа и метилового спирта (2:1) и эфиром по методике, описанной Врба [3]. Данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение содержания общего, аминного и амидного азота в липидах головного мозга крысы при инкубации срезов (мг на 100 г свежей ткани)

Азот	Экстракция смесью хлороформа и метилового спирта (2:1). Среднее из пяти опытов				Экстракция органическими растворителями из трихлоруксусного осадка. Среднее из восьми опытов			
	Среднее арифметическое	М	m	P	Среднее арифметическое	М	m	P
Общий								
Контроль	145,6	-13,2	±2,6	<0,01	201,2	+25	±7,4	<0,02
Инкубация	132,4				226,2			
Аминный								
Контроль	117,8	-19,6	±4,8	<0,02	166,1	+8	±8,6	>0,2
Инкубация	98,2				174,1			
Амидный								
Контроль	3,6	-0,5	±0,3	>0,2	18,6	-7	±0,9	<0,01
Инкубация	3,1				11,6			

Как мы наблюдали и ранее (табл. 2), содержание общего азота в экстракте из трихлоруксусного осадка намного больше, чем в липидах, выделенных по Фольчу. Из данных табл. 3 выясняется, что это вызвано в основном аминным азотом. Кроме того, липиды, полученные по Фольчу, содержат незначительное количество амидного азота. В экстракте же из трихлоруксусного осадка количество амидного азота намного выше.

По данным табл. 3, снижение общего азота липидов при инкубации обусловлено аминным азотом. Имея в виду применяемый нами метод определения аминного азота, предполагаем, что азот представлен в липидах в фосфатидилэтаноламине и аминокислотах. Поэтому надо предполагать, что при инкубации происходит распад указанных соединений. С другой стороны, при инкубации в экстракте, полученном из трихлоруксусного осадка, аминный азот не снижается. Видимо, фракция липидов, возможно и липоаминокислот, извлекаемая методом Фольча, метаболически более активна. При этом количество фосфора при инкубации не меняется, чем подтверждается высказанное



нами предположение о большей метаболической активности азотных групп липидов, по сравнению с фосфатными группами этих соединений.

Как видно, увеличение содержания азота, наблюдаемое при инкубации в липидах, происходит в связи с повышенным содержанием азотсодержащих соединений, растворимых в подкисленных органических растворителях. Заслуживающим внимания является тот факт, что при инкубации в условиях выделения липидов из трихлоруксусного осадка в липидах снижается содержание амидного азота. Исходя из литературных данных о наличии белков, растворимых в подкисленных органических растворителях, этот амидный азот должен быть представлен, видимо, не в липидах, а в некоторых из этих белков.

### З а к л ю ч е н и е

Ранее нами было установлено, что при инкубации срезов головного мозга имеет место снижение содержания липидного азота. Результат этот, полученный путем применения метода Фольча, противоречит некоторым литературным данным. В нашей работе была поставлена задача выяснить причину противоречия.

Показано, что при выделении липидов из осадка от трихлоруксусной кислоты, по сравнению с методом Фольча, содержание азота в органических растворителях больше. Повышенное содержание нужно объяснить положительным действием кислоты на растворимость азотсодержащих соединений, в частности белков. В процессе же инкубации срезов увеличивается содержание азотсодержащих соединений, растворимых в подкисленных органических растворителях.

Показано также, что при инкубации происходит как распад липидов, содержащих фосфатидилэтаноламин и аминокислоты, так и снижение амидного азота в некоторых белках, растворимых в подкисленных органических растворителях.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии

(Поступило в редакцию 21.9.1965)

ბიომედიცინა

მ. გოცირიძე

თავის ტვინის სხვადასხვა მეთოდით გამოყოფილ ლიპიდებში ფოსფორისა და აზოტის შემცველობის შესახებ

რ ე ზ ი მ ე

ჩვენ მიერ აღრე დადგენილია, რომ თავის ტვინის ანათლების ინკუბირების დროს ლიპიდური აზოტი მცირდება. აღნიშნული შედეგი, ლიპიდების ფოლჩის მეთოდის გამოყენების პირობებში მიღებული, ზოგიერთ ლიტერატურ-

რულ მონაცემს ეწინააღმდეგება. ჩვენ მიზნად დავისხეთ გავევრკვია წინააღმდეგობის მიზეზი.

აღმოჩნდა, რომ ფოლჩის მეთოდის გამოყენებისგან განსხვავებით, სამკლორძმარმეავის ნალექიდან ლიპიდების გამოყოფის პირობებში, ლიპიდური აზოტის რაოდენობა მატულობს. აღნიშნული გარემოება აიხსნება მეავის დადებითი ზემოქმედებით აზოტშემცველი ნაერთების, კერძოდ, ცილების ხსნადობაზე. ინკუბირების დროს იზრდება იმ აზოტშემცველი ნაერთების რაოდენობა, რომლებიც შემეგავებულ ორგანულ გამხსნელებში იხსნება.

აღმოჩნდა აგრეთვე, რომ ინკუბირების დროს იშლება ეთანოლამინისა და ამინომეგავების შემცველი ლიპიდები, მცირდება ამიდური აზოტი ზოგიერთ ცილაში, რომელიც შემეგავებულ ორგანულ გამხსნელებში ხსნადობით ხასიათდება.

#### დასოფამეაული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E. Г. Гоциридзе. Изменение соотношения фосфора к азоту в липидах головного мозга при утомлении животного и инкубации срезов. В кн.: „Вопросы биохимии нервной и мышечной систем“, Тбилиси, 1965, 87.
2. R. Vrba, J. Folbergrova. Observations on endogenous metabolism in brain in vitro a. in vivo. *J. Neurochemistry*, 4, 1959, 338.
3. R. Vrba, J. Folbergrova, V. Kanturek. On the mechanism of ammonia formation in guinea pig brain slices. *J. Neurochemistry*, 2, 1958, 187.
4. H. Rosen. A modified ninhydrin colorimetric analysis for amino acids. *Arch. bioch. bioph.*, 67, 1957, 10.
5. А. И. Силакова, Г. П. Труш, А. Являкова. Микрометод определения аммиака и глутамина в тканевых трихлоруксусных экстрактах. *Вопросы медицинской химии*, 8, 1962, 538.
6. M. K. Gaitonde. The composition of brain lipoprotein fractions obtained by different procedures. *J. Neurochemistry*, 8, 1961, 234.
7. Л. И. Комнатная. Нейростромины головного мозга, как сложные липопротеины. *Укр. биох. журн.*, 32, 1960, 551.
8. F. N. LeBaron, M. B. Lees. The effects of acetone, ethanol or trichloroacetic acid on extraction of proteolipids a phosphatidopeptides from brain tissue. *Bioch. bioph. acta*, 60, 1962, 412.
9. S. Levine. Solubilization of bovine albumin in nonaqueous media. *Arch. bioch. bioph.*, 50, 1954, 515.

ი. ნაბაიძე

## ფისვბარემი გამოკვების გავლენა ვაზის ქლოროზით დაზიანებაზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა შ. ჭანიშვილმა 6.7.1965)

უკანასკნელი სამი ათეული წლის განმავლობაში ფესვგარეშე გამოკვება ფართოდ გავრცელდა მცენარის კვების რეგულირების მიზნით. მას იყენებენ ქლოროზის წინააღმდეგ ბრძოლის საქმეშიც — მცენარეს ფოთლებიდან აწვდიან რკინისა და მიკროელემენტების ხსნარებს. ქლოროზის წინააღმდეგ ფესვგარეშე გამოკვების სახით იყენებენ შიდაკომპლექსურ ციკლურ ორგანულ შენაერთებს — ხელატებს, რომლებიც შედგება ორგანული ნაწილისა და მცენარისათვის საჭირო ისეთ ელემენტებისაგან, როგორცაა: რკინა, მანგანუმი, თუთია, სპილენძი, კობალტი და სხვ. უფრო იშვიათად იყენებენ ძირითად მაკროელემენტებს: აზოტს, ფოსფორს, კალიუმსა და სხვ.

ფესვგარეშე გამოკვებისათვის გამოყენებული რკინისა და მიკროელემენტების შემცველი მინერალური ზოგიერთი მარილი ან სულ არ მოქმედებს ან სუსტად მოქმედებს მცენარეზე. ამ მხრივ უფრო საიმედოა სხვადასხვა საკვები ელემენტების შემცველი ხელატების გამოყენება.

ბ. ბაღდასარიშვილის [1, 2] მონაცემებით რკინითა და მიკროელემენტებით ფესვგარეშე გამოკვება დადებით შედეგებს იძლევა ვაზის ქლოროზის წინააღმდეგ ბრძოლისას.

მ. შიშნიაშვილმა [3] ვაზისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქლოროზის წინააღმდეგ ბრძოლის მიზნით შეიმუშავა რკინისა და მანგანუმის შემცველი წყალხსნადი ორგანული შენაერთები, ორგანულ-მინერალური მიკროსასუქები, რომლებიც მიღებულია ბუნებრივი ნახშირწყლების პოლიმერების დაჟანგვითი დესტრუქციით. აღნიშნული პრეპარატების 0,3—0,5%-იან ხსნარებს იგი 2—3-ჯერ ასხურებდა ქლოროზიან ვაზებს, რის შედეგადაც მათი საერთო მდგომარეობა არსებითად უმჯობესდებოდა, 2-ჯერ დიდდებოდა ფოთლებში ქლოროფილის შემცველობა, ხოლო ნაყოფი ნორმალურად ვითარდებოდა.

ჩვენი გამოკვლევებით [4—7] დადგენილია, რომ მდლოს ყავისფერ კარბონატულ დაწილულ ნიადაგებზე ვაზის ქლოროზის გამომწვევ მიზეზს წარმოადგენს არახელსაყრელი ნიადაგის ფიზიკური, წყლიური და აერობული რეჟიმი, რაც იწვევს ფესვების დაზიანებას, საკვები ნივთიერების შესვლის შეფერხებას მცენარეებში, ნივთიერებათა ცვლის დარღვევასა და ქლოროზის გამოვლინებას.

ვაზის ქლოროზის წინააღმდეგ ბრძოლის მიზნით ჩავატარეთ ცდები მუხრანის სასწავლო-საცდელ მეურნეობაში რკინის მინერალური შენაერთებით ფესვგარეშე გამოკვებაზე. გამოცვადეთ  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  და ლიმონმჟავა რკინა. მაგრამ ამ მარილების სხვადასხვა დოზით და სხვადასხვა დროს შესხურებამ ქლოროზი ოდნავადაც არ შეასუსტა. ამის შემდეგ გამოცვადეთ რკინის, ბორის, მანგანუმისა და თუთიის ხსნარებით ფესვგარეშე გამოკვება, რისთვისაც გამოვიყენეთ ლიმონმჟავა რკინის, ბორის, მანგანუმის სულფატის და თუთიას სულფატის 0,1%-იანი ხსნარები. მათი შეთვისებადობის გადიდების მიზნით შესასხურებელ პრეპარატების ხსნარებს ვუმატებდით განზავებულ გოგირდმჟავას ხსნარს, რითაც ხდებოდა მათი შემყავება pH 5,0-მდე. ცდის თითოეული ვარიანტისათვის შევარჩიეთ 12 ძირი ქლოროზით საშუალოდ დაზიანებული ალიგოტე, დამყნილი რიპარია X რუპესტრის 3309-ზე. პირველ წელს (1955) ვატარებდით ფესვგარეშე გამოკვებას, ხოლო მეორე წელს ვსწავლობდით მის შემდგომ მოქმედებას. ცდის ჩატარებამდე — 1954 წელს დავადგინეთ ქლოროზით დაზიანების ხარისხი.

ვაზებისათვის ხსნარების შესხურებას ვახდენდით ავტომაქსით, დილით ან საღამოს, ვეგეტაციის განმავლობაში 3-ჯერ: მცენარის შეფოთვლისას, ვაზის ყვავილობის დროს და ისერილობის წინ.

ხსნარის შესხურებიდან 10 დღის შემდეგ ვამოწმებდით ქლოროზით ვაზის დაზიანების ხარისხს ხუთბალიანი სისტემით. საბოლოო შეფასებას ვახდენდით უკანასკნელი შესხურებიდან 10 დღის შემდეგ.

დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ საკონტროლო ვარიანტზე ქლოროზით ვაზის დაზიანების ხარისხი უმნიშვნელოდ იცვლება. არც რკინის, რკინისა და ბორის ხსნარების ნაზავით ფესვგარეშე გამოკვებისას არ კლებულობს ქლოროზით დაზიანების ხარისხი, ხოლო რკინის, ბორისა და მანგანუმის ხსნარების ნაზავით გამოყენების შემთხვევაში (ვარიანტი 5) იგი მკვეთრად მცირდება.

ასეთივე შედეგი მივიღეთ რკინის, ბორის, მანგანუმისა და თუთიის ხსნარების ნაზავის შესხურებით. მაგრამ აღნიშნულმა ხსნარებმა ფესვგარეშე გამოკვებაში არ გამოამყვანეს შემდგომი მოქმედება — წინა წელს (1955) ფესვგარეშე გამოკვებილი ვაზები 1956 წელს ქლოროზით თითქმის ისევე დაზიანდნენ, როგორც საკონტროლო ვარიანტზე.

ასეთივე კანონზომიერებაა ფესვგარეშე გამოკვების გავლენის მხრივ ერთი ძირი ვაზის ყურძნის საშუალო მოსავალზე. მარტო რკინის ან რკინისა და ბორის ხსნარის შესხურებით ყურძნის მოსავლის მატება მინდვრის ცდის ცდომილებს ფარგლებს არ სცილდება. მეხუთე ვარიანტში კი რკინის, ბორის, მანგანუმისა და თუთიას ხსნარების ნაზავით ფესვგარეშე გამოკვებამ პირველ წელს მნიშვნელოვნად გააძვირა მოსავალი, მაგრამ შემდგომი მოქმედება არც აქ გამოვლინდა. მაშასადამე, რკინის, ბორის, მანგანუმისა და თუთიას დაბალპროცენტაიანი ხსნარებით ფესვგარეშე გამოკვება მკვეთრად ამცირებს ქლოროზით დაზიანების ხარისხს, მაგრამ ვაზის სრულ გაჯანსაღებას არ იწვევს. მიღებული შედეგები ადასტურებს ჩვენი მოსაზრების სისწორეს იმის შესახებ, რომ ვაზის ქლოროზს იწვევს ერთდროულად რამდენიმე საკვები ელემენტი.

მენტის მცენარეში შესვლის შეფერხება და არა მხოლოდ რკინის ნაკლებობა [4, 5].

1957 წელს ვაზის იმავე ჯიშებზე ჩავატარეთ ფესვარეშე გამოკვება ავღონინის საკვები ხსნარით, რასაც ვუმატებდით 0,025%  $MnSO_4$  და  $ZnSO_4$ -ის ხსნარს. ვაზებზე შესხურების წინ ავღონინის ხსნარის შემყავებას ვახდენდით განზავებული გოგირდმყავით  $pH=5,0$ -მდე. ცდა ტარდებოდა ორვარი-ანტიანი სქემით: 1. საკონტროლო და 2. ავღონინის ხსნარი 3-ჯერ ვეგეტაციის განმავლობაში. საცდელად 1956 წელს შევარჩიეთ ქლოროზით საშუალოდ დაზიანებული 12—12 ძირი ვაზი. მეორე ვარიანტის ვაზებს ავღონინის ხსნარს ვასხურებდით ათ დღეში ერთხელ, ხოლო საკონტროლო ვაზებზე იმავე რაოდენობის გამოხდით წყალს. ავღონინის ხსნარის მესამეჯერ მოსხურებიდან 10 დღის შემდეგ ქლოროზით საშუალოდ დაზიანებული ვაზების ფოთლები სრულიად გამწვანდა, ხოლო ერთი ძირი ვაზის საშუალო მოსავალი 23,5%-ით გაიზარდა.

როგორც ჩანს, ქლოროზიან ვაზებში ფესვების დაზიანების გამო ფერხდება მცენარეში საკვები ელემენტების შესვლის პროცესი.

### დატვირთვისა და ფესვარეშე გამოკვების გავლენა ქლოროზით ვაზის დაზიანებასა და ყურძნის მოსავალზე

ლიტერატურაში აღნიშნულია, რომ ქლოროზით დაზიანება ძლიერდება ვაზის დატვირთვის ინტენსივობის შესაბამისად, თუმცა პირდაპირი ექსპერიმენტული მონაცემები ამის დასამტკიცებლად არ არსებობს. აღნიშნული მოსაზრების ავტორებს ბ. ბაღდასარიშვილს [1] და ვ. ქანთარიას არ შეუწყავლიათ დატვირთვისა და ფესვარეშე გამოკვების ერთობლივი მოქმედება ვაზის ქლოროზით დაზიანებაზე.

ამ საკითხის შესასწავლად პირველად ცდა ჩავატარეთ 1957—1960 წწ., ხოლო შემდგომ წლებში იმავე ვარიანტებში ვაწარმოებდით მცენარეთა ფესვარეშე გამოკვებას.

ცდა ქლოროზით ვაზის დაზიანებაზე დატვირთვის გავლენის შესასწავლად ჩავატარეთ მუხრანის სასწავლო-საცდელი მეურნეობის ვაზიანის განყოფილებაში 1953 წელს გაშენებულ ვენახში; ჯიში — პინო-შავი, დამყნობი ბერლანდიერი  $\times$  რიპარია 5 ბბ-ზე. ცდის სქემა: 1. მცირე დატვირთვა, 2. საშუალო დატვირთვა და 3. ძლიერ დატვირთვა. პირველ ვარიანტში თითოეულ ვაზზე ვტოვებდით 6 კვირტს, მეორეზე 12-ს, ხოლო მესამეზე 24-ს. თითოეულ დანაყოფზე გვქონდა 75 ვაზი. ცდა ტარდებოდა სამი განმეორებით.

ცდის შედეგად გამოირკვა ვაზის დატვირთვის გარკვეული გავლენა ქლოროზით დაზიანების ხარისხზე: რაც უფრო მეტადაა დატვირთული ვაზი, მით უფრო ძლიერია ქლოროზით დაზიანების ხარისხი და პირიქით (ცხრილი 1). აღსანიშნავია, რომ 1957 და 1960 წლებში ქლოროზით ვაზის დაზიანება უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე 1958 და 1959 წლებში. ეს იმით აიხსნება, რომ პირ-



ველ შემთხვევაში გაზაფხულზე მოსული ნალექების განაწილება უკეთესი იყო, ვიდრე 1958 და 1959 წლებში.

## ცხრილი 1

დატვირთვის გავლენა 1 ვაზის ყურძნის საშუალო მოსავალზე (კგ)  
(პინო—შავი; დამყნობი ბერლანდიერი X რიპარია 5ბბ-8, მუხრანის  
სასწავლო-საცდელი მეურნეობა)

დაზიანების ხარისხი	დატვირთვის ხარისხი											
	სუსტი				საშუალო				ძლიერი			
	1957	1958	1959	1960	1957	1958	1959	1960	1957	1958	1959	1960
სალი	1,55	1,42	1,33	1,76	2,15	1,93	2,35	2,64	2,31	2,72	1,68	1,32
სუსტად ქლოროზიანი	1,42	1,2	1,5	1,80	1,95	1,75	2,10	2,44	2,15	2,45	1,35	1,05
საშუალოდ ქლოროზიანი	1,25	1,13	1,19	1,37	1,43	1,57	1,56	2,14	1,74	1,63	1,12	0,90
ძლიერ ქლოროზიანი	1,38	0,51	0,43	0,34	0,75	0,92	0,78	0,35	0,83	4,03	0,67	0,38

ქლოროზით დაზიანებაზე ვაზის დატვირთვის გავლენის შესაბამისად იცვლება ყურძნის საშუალო მოსავალი (ცხრილი 1) და ერთ ვაზზე ნასხლავი ლერწის რაოდენობაც (ცხრილი 2). რაც უფრო ძლიერია დატვირთვა, მით უფრო ნაკლებია 1 ძირი ვაზის ყურძნის საშუალო მოსავალი და ნასხლავი ლერწის რაოდენობა და პირიქით. ანალოგიურად იცვლება აგრეთვე ვაზის საერთო ნახარდის სიგრძეც.

მაშასადამე, დატვირთვის გადიდება იწვევს რეპროდუქციული ორგანოების განვითარების გაძლიერებას და ვეგეტატიური ორგანოების ზრდის შემცირებას. ეს კანონზომიერება ბიოლოგიაში დიდი ხანია დადგენილად ითვლება. მაგრამ მისი შედეგი ქლოროზით ვაზის დაზიანების შემთხვევაში კიდევ უფრო ნათელი ხდება. ვაზის დატვირთვით, ძლიერდება რა რეპროდუქციული განვითარება, იზრდება საკვებ ნივთიერებაზე მოთხოვნილება და, თუ ფესვები ვერ უზრუნველყოფენ მას, მცენარე შიმშილს განიცდის და ეს გარეგნული ნიშნებითაც ვლინდება.

## ცხრილი 2

ვაზის დატვირთვის გავლენა ლერწის რაოდენობასა და საერთო ნახარდზე

ვაზის დაზიანების ხარისხი	დატვირთვის ხარისხი					
	სუსტი		საშუალო		ძლიერი	
	ერთ ვაზზე ლერწის					
	წონა (კგ)	ნახარდი (მ)	წონა (კგ)	ნახარდი (მ)	წონა (კგ)	ნახარდი (მ)
სალი	0,45	12,5	0,30	10,05	0,20	5,25
სუსტად ქლოროზიანი	0,37	9,60	0,24	9,12	0,13	3,05
საშუალოდ ქლოროზიანი	0,20	7,8	0,17	6,10	0,10	2,22

მაშასადამე, ვაზის შედარებით ნაკლები დატვირთვით შესაძლებელია ნაწილობრივ და დროებით ქლოროზის შენელება. ამდენად ეს ფაქტორი მხოლოდ პროფილაქტიკური ღონისძიებაა.

დატვირთვისა და ფესვგარეშე გამოკვების გავლენა ქლოროზით ვაზის დაზიანებასა და ყურძნის მოსავალზე

ზემოთ განხილულ ცდის ვარიანტებზე 1961—1962 წწ. შევისწავლეთ ავღონინის საკვები ხსნარით ფესვგარეშე გამოკვების გავლენა. საკონტროლოდ მივიჩინეთ 1960 წელს ვაზის ქლოროზით დაზიანების ხარისხი და 1 ძირი ვაზის ყურძნის მოსავლიანობა. საცდელ დანაყოფებზე, ქლოროზით სხვადასხვა ინტენსივობით დაზიანებულ ვაზებზე, ვაწარმოებდით მოსავლისა და ქლოროზით შემდგომი დაზიანების შესწავლას.

ავღონინის საკვები ნარევი, როგორც ცნობილია, არ შეიცავს თუთიას და მანგანუმს. ამიტომ ამ ხსნარს ვუმატებდით 0,025%-იან  $MnSO_4$  და  $ZnSO_4$ , ამასთან საკვები ელემენტების ხსნადობის გადიდების მიზნით ვახდენდით საკვები ხსნარის შემყავებას განზავებული გოგირდმჟავათი pH—5,0-მდე. ფესვგარეშე გამოკვებას ვატარებდით ავტომაქსით 3-ჯერ დილით ადრე ან საღამოთი: პირველად ვაზის შეფოთვლისას, მეორედ ყვავილობის წინ და მესამედ ისვრილობის წინ. თითოეული ვაზის ფესვგარეშე გამოკვებისათვის დახარჯული საკვები ხსნარის რაოდენობა შეადგენდა დაახლოებით 0,5 ლ-ს.

ქლოროზით დაზიანებაზე დაკვირვებას ვატარებდით ხსნარების შესხურებიდან 5 დღის შემდეგ, ხოლო ფესვგარეშე გამოკვების ეფექტს საბოლოოდ ვადგენდით უკანასკნელი შესხურებიდან 5 დღის შემდეგ.

დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ ფესვგარეშე გამოკვების გავლენით გამოჩანსალეებული ვაზების რაოდენობა 1961 და 1962 წლებში, 1960 წელთან შედარებით, სუსტად და საშუალოდ დატვირთულ ვარიანტებზე მნიშვნელოვნად გაიზარდა. კიდევ უფრო მეტად გაიზარდა იგი ძლიერ დატვირთულზე. უკანასკნელ შემთხვევაში ორი წლის საშუალო ნამატი შეადგენს 19,7%-ს, მაშინ, როდესაც საშუალოდ დატვირთულისა არ აღემატება 16,2%-ს, ხოლო სუსტად დატვირთულისა—9,9%-ს.

მცირედ დატვირთული ვაზების ფესვგარეშე გამოკვებით ორივე წელს მკვეთრად შემცირდა ქლოროზით სუსტად დაზიანებულ მცენარეთა რიცხვი 1960 წ. შედარებით. 1961 წელს იგი შეადგენდა 18,5%-ს, ხოლო 1962 წელს—12,5%-ს. ორი წლის საშუალო მონაცემებით კი სუსტად ქლოროზიანი ვაზების რაოდენობა არ აღემატება 15,6%-ს.

საშუალო დატვირთვის შემთხვევაში კი 1961 წელს ქლოროზით სუსტად დაზიანებული ვაზების რიცხვი უფრო ნაკლებად მცირდება, ვიდრე 1962 წელს, ხოლო ორი წლის საშუალო მონაცემებით მათი რაოდენობა 55,8%-ს შეადგენს. ძლიერად დატვირთული ვაზების ფესვგარეშე გამოკვების შემთხვევაში კიდევ უფრო ნაკლებად მცირდება ქლოროზით სუსტად დაზიანებულ მცენარეთა რიცხვი. მცირედ დატვირთული ვაზების დანაყოფზე ქლოროზით საშუა-



ლოდ დაზიანებულ მცენარეთა რაოდენობა ფესვგარეშე გამოკვების შემდეგ 1961 წელს 20,0%-ით შემცირდა, ხოლო 1962 წელს დაზიანება სრულებით არ იყო. ასევე არ შეგვინიშნავს ქლოროზი საშუალოდ დატვირთული ვაზების შემთხვევებშიც; ძლიერ დატვირთული ვაზების ვარიანტზე ქლოროზით საშუალოდ დაზიანებულ მცენარეთა რაოდენობა 1961 წელს 28,5%-ს უდრიდა. 1962 წელს კი ეს ვაზები მთლიანად გამოჯანსაღდნენ.

1961—1962 წლებში ჩატარებული ცესვგარეშე გამოკვებით ძლიერ დაზიანებული და მომაკვდავი ვაზები თითქმის არ გამოსწორდა, თუმცა ზოგიერთ ვარიანტზე მათი რაოდენობა, 1960 წელთან შედარებით, შემცირდა. სუსტად და საშუალოდ დატვირთულ ვარიანტებზე ქლოროზით ძლიერ დაზიანებული ვაზების რაოდენობა ძალზე მცირე იყო (2 და 7%), ხოლო მომაკვდავი ვაზები არ ყოფილა. ძლიერ დატვირთული ვაზების დანაყოფებზე ქლოროზით ძლიერ დაზიანებულ და მომაკვდავ მცენარეთა რიცხვი უფრო მეტია სუსტ და საშუალოდ დატვირთულ ვარიანტებთან შედარებით.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ფესვგარეშე გამოკვების გავლენით ქლოროზით ძლიერად დაზიანებული და მომაკვდავი ვაზების ფოთლები მწვანედ შეიფერა, მაგრამ სხვა მაჩვენებლების მიხედვით (ზრდის სიძლიერე, ნაყოფმომცემობა) უცვლელი დარჩა. მასადაამე, ძლიერ დატვირთვის შემდეგ ქლოროზით ძლიერ დაზიანებული და მომაკვდავი ვაზების გამოსწორება ფესვგარეშე გამოკვებით, რაც მხოლოდ 3-ჯერ ჩავატარეთ, არ შეიძლება, რადგან ასეთ მცენარეთა ფესვთა სისტემა იმდენად ძლიერაა დაზიანებული, რომ ფესვგარეშე გამოკვების სახით მიწოდებული საკვები საკმარისი არაა ფიზიოლოგიური პროცესის ნორმალური წარმართვისათვის.

სრული საკვები ხსნარით სამჯერადი გამოკვების შემდეგ სუსტად დატვირთულ ვაზებს შორის მაინც აღინიშნება ქლოროზით ძლიერ დაზიანებული მცენარეები, რომელთა რაოდენობა მატულობს დატვირთვის შესაბამისად, ესე იგი ფესვგარეშე გამოკვება მხოლოდ პროფილაქტიური ღონისძიებაა.

ფესვგარეშე გამოკვების გავლენით სუსტად დატვირთული საღი ვაზების ყურძნის მოსავალი ორი წლის საშუალო მონაცემებით 19,9%-ით გაიზარდა 1960 წელთან შედარებით. ასევე მატულობს ამ ღონისძიებით სუსტ, საშუალო და ძლიერქლოროზიანი ვაზების ყურძნის მოსავალიც. უკანასკნელ შემთხვევაში ყურძნის მოსავლის მატება, მართალია, აბსოლუტური რაოდენობით ძალზე მცირეა, მაგრამ 1960 წელთან შედარებით, 32,3%-ით მეტია. ქლოროზით ძლიერ დაზიანებული ვაზების რაოდენობა სუსტად დატვირთვის დროს, როგორც აღვნიშნეთ, ძალზე მცირეა (ცხრილი 3).

საშუალოდ დატვირთული ვაზების ფესვგარეშე გამოკვებით ყურძნის მოსავალი თითქმის ისეთივე კანონზომიერებით მატულობს, როგორც სუსტად დატვირთულისა, მაგრამ ძლიერ დატვირთულზე მკვეთრად იზრდება როგორც საღი, ისე ქლოროზით სუსტად, საშუალოდ და ძლიერ დაზიანებული ვაზების მოსავალი, მომაკვდავი ვაზები ფესვგარეშე გამოკვების შემთხვევაშიც არ იძლევიან ნაყოფს.



დატვირთვისა და ფესვგარეშე გამოკვების გავლენა 1 ძირი ვაზის ყურძნის მოსავალზე (%)  
 (მუხრანის სასწავლო-საცდელი მეურნეობა)

ვაზის დაზიანების ხარისხი	სუსტი დატვირთვა				საშუალო დატვირთვა				ძლიერი დატვირთვა			
	1960 წ.	1961 წ.	1962 წ.	1961-1962 წწ. საშუალო	1960 წ.	1961 წ.	1962 წ.	1961-1962 წწ. საშუალო	1960 წ.	1961 წ.	1962 წ.	1961-1962 წწ. საშუალო
	სალი	100,0	116,5	119,8	119,9	100,0	96,5	112,3	103,4	100,0	109,8	195,0
სუსტად ქლოროზიანი	100,0	105,5	116,6	111,1	100,0	108,6	115,6	111,8	100,0	127,6	146,6	137,1
საშუალო ქლოროზიანი	100,0	113,1	—	113,1	100,0	—	—	—	100,0	127,7	—	127,7
ძლიერი ქლოროზიანი	100,0	132,3	138,2	132,3	100,0	114,2	142,8	128,5	100,0	105,2	126,3	115,8
მომავლადვი	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

დატვირთვა და ფესვგარეშე გამოკვება გავლენას ახდენს ვაზის ფოთლებში ქლოროფილის შემცველობაზე. იგი იცვლება ვაზის დატვირთვისა და ქლოროზით დაზიანების ხარისხის შესაბამისად. ფესვგარეშე გამოკვება თითქმის ყველა დატვირთვისა და ქლოროზით დაზიანების სხვადასხვა ხარისხის დროს ზრდის ქლოროფილის რაოდენობას ფოთლებში (ცხრილი 4).

ცხრილი 4

დატვირთვისა და ფესვგარეშე გამოკვების გავლენა ვაზის ფოთლებში ქლოროფილის შემცველობაზე

ვაზის დატვირთვა	ს ა ლ ი		საშუალო ქლოროზიანი		ძლიერ ქლოროზიანი	
	1960 ს.	1962 წ. გამოკვება	1960 წ.	1962 წ. გამოკვება	1960 წ.	1962 წ. გამოკვება
	ქლოროფილი (მგ) 100 გ აბს. მშრალ ფოთოლში	ქლოროფილი (მგ) 100 გ აბს. მშრალ ფოთოლში	ქლოროფილი (მგ) 100 გ აბს. მშრალ ფოთოლში	ქლოროფილი (მგ) 100 გ აბს. მშრალ ფოთოლში	ქლოროფილი (მგ) 100 გ აბს. მშრალ ფოთოლში	ქლოროფილი (მგ) 100 გ აბს. მშრალ ფოთოლში
სუსტი	645,2	879,5	233,3	341,5	148,4	196,9
საშუალო	518,3	751,1	202,8	305,0	115,0	191,0
ძლიერი	495,7	701,2	161,4	264,2	19,8	41,5

მაშასადამე, ფესვგარეშე გამოკვებით დიდდება ქლოროფილის შემცველობა ფოთოლში, მაგრამ ვაზის დატვირთვის გადიდება აძლიერებს მცენარეში ქლოროზულ პროცესებს, ქლოროფილის შემცველობა ნორმალურ დონემდე მინც ვერ აღწევს.

საქართველოს სას.-სამეურნეო ინსტიტუტი  
 (რედაქციას მოუვიდა 6.7.1965)

И. А. НАКАИДЗЕ

## ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ НА ПОВРЕЖДЕНИЕ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ ХЛОРОЗОМ

Резюме

Для изучения влияния внекорневой подкормки и нагрузки виноградной лозы на хлороз полевые опыты проводились на лугово-коричневых почвах учебно-опытного хозяйства Мухрани. Изучались эффективность доз и форм железа, влияние внекорневой подкормки железом и микроэлементами, нагрузки и внекорневой подкормки на степень повреждения виноградников хлорозом.

Опрыскивание хлорозных виноградных доз раствором солей, содержащих только железо или железо и бор, не дает даже незначительного ослабления интенсивности хлороза, тогда как трехкратная внекорневая подкормка растворами, содержащими железо, бор и марганец, значительно снижает степень повреждения. Это говорит о том, что повреждение виноградной лозы хлорозом вызвано задержкой поступления ряда элементов в растение, а не только недостатком железа. Внекорневая подкормка смесью авдонника один раз через каждые 10 дней в течение вегетации дает временное выздоровление среднеповрежденных хлорозом виноградных лоз.

Увеличение нагрузки виноградной лозы усиливает повреждение хлорозом и дает повышение урожая в первые два года, в последующие же годы вызывает снижение урожая. Чем больше нагрузка виноградной лозы, тем меньше количество подрезочной массы, и наоборот. С той же закономерностью изменяется длина общего прироста виноградной лозы. Следовательно, путем сравнительно меньшей нагрузки можно добиться частичного и временного ослабления хлороза. Поэтому регулирование нагрузки виноградной лозы является всего лишь профилактическим мероприятием.

Трехкратная в течение вегетации внекорневая подкормка виноградной лозы подкисленной смесью авдонника на фоне различной интенсивности нагрузки значительно снижает степень повреждения хлорозом и повышает урожай. В результате внекорневой подкормки повышается также содержание хлорофилла в листьях.

### დაამუშავებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. З. Г. Багдасарашвили. Хлороз винограда, его причины и некоторые меры борьбы с ним. Изд. АН ГССР, 1950.
2. З. Г. Багдасарашвили. Материалы к изучению причин хлороза виноградной лозы и меры борьбы с ним. Сборник статей к VIII Международному конгрессу почвоведов, изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1964.
3. М. Е. Шиш尼亚швили. Новые виды органо-минеральных микроудобрений и хлороз виноградной лозы. Виноделие и виноградарство СССР, № 4, 1959.
4. И. А. Накаидзе. Изучение питания виноградной лозы в связи с заболеваемостью хлорозом. Тезисы докл. Закавказ. совещания по агрохимии, Тбилиси, 1960.
5. И. А. Накаидзе, И. Е. Анджапаридзе. Хлороз виноградной лозы и почвенные условия. Агрохимия, № 3, 1964.
6. И. А. Накаидзе. Влияние полива на интенсивность хлороза виноградной лозы и на свойства лугово-коричневых слитых почв Мухрани. Труды ГСХИ, 1946.
7. И. А. Накаидзе. Влияние серы на свойства лугово-коричневых карбонатных слитых почв и хлороз виноградной лозы. Сборник статей к VIII Международному конгрессу почвоведов, изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1964.

О. Д. ХУЦИШВИЛИ

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ КВИШСКОЙ СВИТЫ

(Представлено академиком П. Д. Гамкрелидзе 5.5.1965)

В 1963—1964 гг. нами проводились исследования в Верхней Свачетии в бассейне р. Долра с целью решения ряда вопросов, касающихся квишской свиты. Как известно, эта свита была выделена в 1962 г. [1]. На основе предварительного определения брахиоподовой фауны, собранной примерно в средней части свиты, она была датирована карбоном. Но из-за немногочисленности и очень неудовлетворительной сохранности фауны карбоновый возраст квишской свиты был принят условно [2].

В результате полевых работ и обработки литологического материала в южном крыле квишской синклинали в свите нам удалось выделить следующие литологически обособленные пачки:

1. Пачка рассланцованных песчаников и конгломератов, которая трансгрессивно, иногда с заметным угловым несогласием перекрывает кристаллические сланцы Главного Кавказского хребта. Пачка представлена темно- и светло-серыми грубообломочными полимиктовыми песчаниками, в которых часто наблюдаются участки, обогащенные крупным материалом. Местами эти участки занимают значительные пространства, составляя сплошные конгломераты. Гальки в конгломератах представлены молочно-белым кварцем, красноватым кремнем (около 70%), разными кристаллическими сланцами и гораздо реже обломками гранитоидов и кварцевых альбитофиров. Цементом служит мелкообломочный материал нижележащих кристаллических сланцев. Мощность пачки 150—180 м.

2. Пачка крупно- и среднезернистых полимиктовых песчаников. Отличается от нижележащей только тем, что не содержит прослоев и участков с крупной галькой. Песчаники темно- и светло-серые, иногда коричневатые, псефит-псаммитовые. Вверх по разрезу они становятся все более мелкозернистыми, и самые верхи пачки представлены коричневыми и зеленоватыми алевролитами. Мощность пачки 120—130 м.

3. Пачка филлитизированных сланцев с прослоями и линзами мраморизованных известняков. Сланцы черного цвета, очень плотные, с хорошо выраженной сланцеватой текстурой. В пачке, особенно в ее нижней части, очень много линз и прослоев мраморизованных известняков разной мощности. Переход из филлитизированных сланцев в мраморизованные известняки постепенный, на их границе всегда наблюдается тонкое переслаивание этих пород. Мощность пачки 130—140 м.



4. Пачка рассланцованных и сланцеватых алевритовых, часто ороговикованных аркозовых песчаников. Песчанистая природа слагающих пачку пород выявляется только под микроскопом. Макроскопически это очень плотные, коричневые и зеленоватые ороговикованные сланцы, с которыми чередуются редкие и маломощные прослои более крупнозернистых светло-серых песчаников. Местами сланцы интенсивно гофрированы, что очень редко распространяется на прослои песчаников. Мощность около 120 м. Эта пачка трансгрессивно перекрывается конгломератами, представляющими базальную формацию лейаса, обнаженного в ядре синклинали.

Из пачки 3 в обоих крыльях синклинали нами была собрана фауна. В нашем распоряжении оказалась также коллекция П. Д. Гамкрелидзе и несколько форм, любезно предоставленных нам научным сотрудником Геологического института АН СССР М. Л. Соминим. В настоящее время нами обработана и определена только часть брахиоподовой фауны (в определении большую помощь оказала нам Т. Г. Сарычева, за что, пользуясь случаем, приносим ей искреннюю благодарность).

Нами определены следующие виды брахиопод: *Enteletes cf. carnicus* Schellwien, *Meekella cf. eximia* Eichwald, *M. ufensis* (Tschernischew), *M. recta* (Sokolskaja), *M. aff. uncitoides* (Tschernischew), *Avonia aff. pustulata* (Keyserling), *Buxtonia kalitwaensis* (Licharew), *Echinoconchus cf. fasciatus* (Tschernischew), *Lino-productus cf. cora-lineatus* (Waagen), *L. siemensis* (Tschernischew).

Эта фауна указывает на верхнекаменноугольный возраст квишской свиты, хотя некоторые формы своим вертикальным распространением не укладываются строго в границах этого отдела. Так, например, *Meekella eximia* Eichwald в Подмосковной котловине характеризуют верхнюю часть среднего карбона; *Meekella uncitoides* (Tschernischew) там же встречается в нижней перми, хотя и очень редко; *Avonia pustulata* (Keyserling) на Урале указан, наряду с верхним карбоном, и из нижней перми. Но комплекс фауны в целом бесспорно указывает на верхнекаменноугольный возраст вмещающих их слоев, так как остальные виды из вышеприведенного списка характеризуют исключительно верхний карбон. Следует еще добавить, что отклонения от верхнего карбона замечаются только в Подмосковном бассейне и частично на Урале. Что же касается полосы Альпийской геосинклинали (Тетиса), то здесь они характеризуют исключительно верхнекаменноугольные отложения. Из сказанного не следует, что мы ограничиваем возраст квишской свиты верхним карбоном. Довольно мощная толща конгломератов и полимиктовых песчаников, расположенная под слоями с верхнекаменноугольной фауной, может содержать и элементы среднего карбона. Не исключена возможность и присутствия перми в пачке алевритовых песчаников, следующих выше фауносодержащих слоев.

При сравнении квишской свиты с верхнепалеозойскими образованиями, развитыми на Северном Кавказе (Передовой хребет) и в Центральной зоне воздымания кристаллического ядра (районы горы Хуно и перевала Псеашхо, Северная Осетия), наблюдается некоторое их

сходство, что заключается в идентичности литологического состава ЭТИХ отложений. Но есть и существенные различия. Так, например, в квишской свите нет прослоев вулканогенных пород, что так характерно для верхнепалеозойских отложений Передового хребта и района горы Хуно [3]. В квишской свите наличие верхнекаменноугольных отложений устанавливается фаунистически, в то время как в других разрезах верхнего палеозоя они или вовсе отсутствуют [3], или же приняты условно [4]. В квишской свите нет мощных известняков в рифогенных фациях, которыми заканчиваются обычно другие разрезы верхнепалеозойских отложений центрального ядра Большого Кавказа [5]. В квишской свите заведомо пермских отложений нет вообще. И, наконец, самое главное: в отличие от верхнепалеозойских разрезов Передового хребта, горы Хуно, перевала Псеашхо и Северной Осетии, где морские осадки появляются лишь в перми, а нижняя половина их представлена континентальными отложениями, весь разрез квишской свиты сложен нормальными морскими осадками, что хорошо подчеркивается присутствием в ней морской фауны.

Все эти различия, несомненно, обусловлены различной природой бассейнов осадконакопления. В частности, на режим квишского бассейна решающее влияние оказывала, по-видимому, расположенная к югу обширная геосинклиналь Южного склона Большого Кавказа.

Академия наук Грузинской ССР  
 Геологический институт

(Поступило в редакцию 5.5.1965)

გეოლოგია

მ. ხუციშვილი

ახალი მონაცემები ქვიშის წყების ასაკის შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

ზემო სვანეთში, მდ. დოღრას სათავეებში განვითარებული ტერიგენული ჭებუნამსხვრევი ქვიშის წყება ტრანსგრესიულად და მძლავრი ფუძის ფორმაციით ედება კავკასიონის ცენტრული გულის ამგებ კრისტალურ ქანებს, და თავის მხრივაც, ტრანსგრესიულად იფარება ლიასური თიხაფიქლებით. წყება, რომლის საერთო სიძლავრე 500—550 მ-ია, მონაწილეობს კრისტალურ ფიქლებში განვითარებული საკმაოდ შეკუმშული სინკლინური სტრუქტურის აგებულებაში. სინკლინის სამხრეთ ფრთაში ხერხდება წყების დანაწილება ლითოლოგიურად განსხვავებულ ოთხ დასტად. მესამე დასტაში შეგროვილი ბრაქიოპოდული ფაუნის დამუშავების საფუძველზე მათი შემცველი შრეები ზედაკარბონულად თარიღდება. არაა გამორიცხული, რომ წყების ნაწილები ფაუნიანი შრეების ქვევით და ზევით ზედაპალეოზოურის სხვა დონეებსაც მოიცავდნენ.

კავკასიონის ცენტრული გულის აზევების ზონაში განვითარებულ სხვა ზედაპალეოზოურ წარმონაქმნებთან (მწვ. ზუგოსა და ფსეაშხოს უღელტეხილის რაიონები, ჩრდილო ოსეთი) ქვიშის წყების შედარება ვაფიქრებინებს, რომ მისი ნალექდაგროვება სხვა ზედაპალეოზოურ აუზებისაგან რამდენადმე განსხვავებული ბუნების აუზში უნდა ვივარაუდოთ.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Гамкრелидзе. Новые данные по тектонике Центральной части Большого Кавказа (в пределах Сванетии). Сообщения АН ГССР, XXXI:3, 1963.
2. П. Д. Гамкრелидзе, Ш. А. Адамия и др. Новые данные по стратиграфии доюрских отложений Сванетии. ДАН СССР, т. 153, № 2, 1963.
3. А. А. Белов, Е. Ф. Залесская-Чиркова. Среднекаменноугольные континентальные отложения на Южном склоне Главного Кавказского хребта. ДАН СССР, т. 152, № 4, 1963.
4. В. И. Славин. Палеозойские отложения Южного склона Главного Кавказского хребта. ДАН СССР, т. 134, № 5, 1960.
5. Ю. Г. Моргунов, В. И. Славин. Пермские отложения Северной Осетии. ДАН СССР, т. 149, № 2, 1962.

Е. Г. АХВЛЕДИАНИ

К ИЗУЧЕНИЮ РОДА *PLAGIODACNA* ANDRUSSOW

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 10.8.1965)

Плиоценовые кардииды рода *Plagiodacna*—весьма своеобразная группа, вопрос происхождения которой пока не может считаться окончательно решенным. Попытаемся изложить некоторые соображения, возникшие у нас при изучении представителей этой группы из плиоцена Западной Грузии. Н. И. Андрусов ([1], стр. 14) высказал мнение о происхождении плагиодакн от сарматского вида *Cardium fischerianum* Döng. Л. Ш. Давиташвили ([2], стр. 65) писал: „Более примитивные представители данного подрода очень похожи на *Cardium praefischerianum* Kol. (*fischerianum* auct non Döng.) из сармата; поэтому возможна генетическая связь *Plagiodacna* с *Cardium praefischerianum*“. Можно предположить, что Н. И. Андрусов имел в виду именно те формы, которые после него были описаны В. П. Колесниковым ([3], стр. 32) как *Card. praefischerianum*. Этот вид найден в среднем сармате Бессарабии, Керченского полуострова, западного и восточного Предкавказья. Впрочем, вполне возможно, что большое сходство между *Card. praefischerianum* и наиболее примитивными формами *Plagiodacna* возникло в результате параллельного филогенетического развития и представляет один из примеров гомеоморфии.

Здесь считаем необходимым дать краткое описание нового вида *Plagiodacna*.

Семейство *Cardiidae* Lamarck, 1819

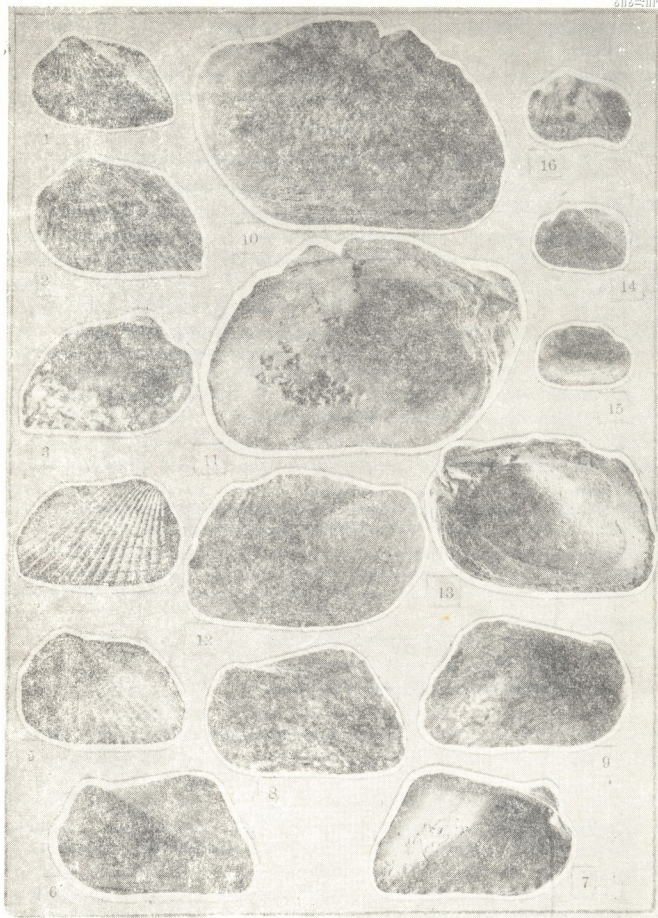
Род *Plagiodacna* Andrussow, 1903

*Plagiodacna pokreschica* sp. nov.

Табл. 1, фиг. 6 и 7

Голотип № 9/18 (Институт палеобиологии АН ГССР). Абхазия, правый берег р. Гализга против с. Поквешы, среднекимерийские слои.

Диагноз. Раковина средних размеров, умеренно толстостенная, выпуклая, удлиненно-трапециальная, очень сильно неравносторонняя с макушками, сильно смещенными впереди. Верхне-задний угол крыловидно расширенный. Задний край почти в два раза длиннее переднего. На переднем поле 16—18 неясственных плоских ребер. На заднем поле 5—6 хорошо развитых, также плоских ребер. В правой створке имеется зубовидное утолщение на месте переднего кардинального зуба и небольшой скошенный задний кардинальный зуб. В левой створке присутствует один, довольно высокий, заостренный, скошенный передний кардинальный зуб. Боковых зубов нет. Мантийная линия явственная, приподнятая в передней части, пельная.



## Объяснение таблицы

Изображения раковин приведены в натуральную величину.

 Рис. 1. *Cardium praefischerianum* Kol. Из работы В. П. Колесникова ([3], табл. X, фиг. 237). Средний сармат, Кишинев (коллекция Синцова). Левая створка снаружи.



## Размеры (в мм):

№ образца	Длина (а)	Высота (в)	Выпуклость (с)	Отношение	
				(в:а)	(с:в)
9/19	39,35	23,00	8,00	0,58	0,34
9/17	37,00	19,55	7,80	0,52	0,39
9/18	35,40	20,00	9,65	0,52	0,47
9/23	32,45	20,00	8,25	0,60	0,41

Сравнения и общие замечания. Новый вид несомненно относится к роду *Plagiodacna*. Наиболее близко он стоит к *Plagiodacna carinata* Desh., что выражается в сходном строении плоских ребер переднего поля, чешуйчатом строении килевого ребра, килеватости смещенных кпереди макушек, а также в строении скошенных кардинальных зубов и отсутствии боковых. Отличия между этими видами состоят в следующем: у нового вида ребер на переднем поле меньше (16—18 против 18—23 у *Plag. carinata*); наружная поверхность раковины имеет вмятины; задний край высокий и имеет своеобразное строение, почти в два раза превышая по длине передний край; на заднем поле развиты более широкие и плоские ребра.

Некоторое сходство новый вид имеет и с *Plagiodacna epidemia* Dav. Сходство заключается в наличии у обеих форм вмятин и продольных возвышений на наружной поверхности, в приблизительно одинаковом ко-

Рис. 2 и 3. *Plagiodacna carinata* Des. Оригинал № 43/1, хранится в Институте палеобиологии АН ГССР. Таманский полуостров, с. Красный Кут, верхнепонтические слои: 2—левая створка снаружи; 3—то же изнутри.

Рис. 4 и 5. *Plagiodacna davidaschvili* Cel. Из работы Г. Ф. Челидзе ([4], табл. VII, фиг. 1, 2). Гурия, по дороге между с. с. Натанеби и Шрома, понтические отложения: 4—правая створка снаружи; 5—то же изнутри.

Рис. 6 и 7. *Plagiodacna pokveshica* sp. nov. Голотип № 9/18, хранится в Институте палеобиологии АН ГССР. Абхазия, правый берег р. Гализга у с. Поквеша, среднекиммерийские слои: 6—левая створка снаружи; 7—то же изнутри.

Рис. 8 и 9. *Plagiodacna pokveshica* sp. nov. Оригинал № 42/1, хранится в Институте палеобиологии АН ГССР. Керченский полуостров, Кызаульская мулда, среднекиммерийские слои: 8—левая створка снаружи; 9—то же изнутри.

Рис. 10 и 11. *Plagiodacna modiolaris* Rouss. Оригинал № 36/24, хранится в Институте палеобиологии АН ГССР (сборы Г. А. Квалиашвили). Гурия, с. Джиханджири, киммерийские слои: 10—левая створка снаружи; 11—то же изнутри.

Рис. 12 и 13. *Plagiodacna epidemia* Dav. Оригинал № 36/8, хранится в Институте палеобиологии АН ГССР (сборы Г. А. Квалиашвили). Гурия, с. Джиханджири, киммерийские слои: 12—правая створка снаружи; 13—то же изнутри.

Рис. 14 и 15. *Plagiodacna gamkrelidzei* Gab. Голотип № 1/80, хранится в Институте палеобиологии АН ГССР, Абхазия, левый берег р. Дуаби, верхний горизонт пластов р. Дуаби: 14—левая створка снаружи; 15—то же изнутри.

Рис. 16. *Plagiodacna djanelidzei* Ebers. Из работы А. Г. Эберзина ([5], табл. XVI, фиг. 5, в). Абхазия, р. Гализга у с. Поквеша, куяльницкие слои: левая створка снаружи.



личестве (16—18) плоских ребер переднего поля, в сходном очертании и строении заднего поля, а также в наличии у обоих видов в правых створках зубовидного утолщения на месте переднего кардинального зуба.

*С Plag. modiolaris* новый вид сближает почти одинаковое количество ребер как переднего (16—18 у обоих видов), так и заднего (5—6 против 6—7 у *Plag. modiolaris*) полей. Отличие состоит в меньшей величине раковины нового вида, ее тонкостенности, а также в отсутствии субапикальной пластинки, вместо которой имеются скошенные кардинальные зубы.

**Местонахождение.** Абхазия, правый берег р. Гализга против с. Поквешы; Керченский полуостров, Кызаульская мульда у Яныш-Такыла.

**Распространение.** Среднекиммерийские слои Абхазии и Керченского полуострова.

**Возраст.** Средний палеоцен, киммерийский ярус.

Как мы уже сказали, возможно, что к родоначальникам плагнодакн близок среднесарматский вид *Cardium praefischerianum* Kol., встреченный в соответствующих отложениях Юга СССР. Раковины этого вида небольшие, неравносторонние, удлиненно-трапезидальные. Наружная поверхность имеет 24—30 ребер, чешуйчатых на переднем поле. Чешуйчатый киль отделяет переднее поле от заднего. В замке обеих створок имеется по одному кардинальному и по два боковых зуба. Ни в верхнем сармате, ни в мезотических отложениях нет форм, близких к *Card. praefischerianum*. Наиболее древним из достоверных представителей филогенетического ряда плагнодакн следует считать понтическую *Plag. carinata*. Близкие к ней, но плохой сохранности раковины указываются А. Г. Эберзиным ([5], стр. 74) уже в верхних частях горизонта одесского известняка Кубани и Бессарабии. *Plag. carinata* характеризуется большей удлиненностью и тонкостенностью раковины, тенденцией к крыловидному оттягиванию ее в направлении верхне-заднего угла, увеличением неравносторонности, смещением макушек вперед, а также редукцией зубов: исчезают боковые зубы, а кардинальные удлиняются и принимают сильно скошенное положение, почти параллельное задней ветви замочного края. *Plag. carinata* похожа на *Card. praefischerianum* по удлиненно-трапезидальному очертанию раковины, по характеру килля и ребер наружной поверхности, хотя чешуйчатость их у *Plag. carinata* развита очень слабо. Поэтому представляется возможным возникновение плагнодакн от сарматского *Card. praefischerianum* в результате увеличения размеров, удлиненности и толстостенности раковины, уменьшения числа наружных ребер, исчезновения чешуйчатости их, смещения вперед макушек, ставших почти терминальными, и редукции замочного аппарата, выразившейся как в исчезновении латеральных зубов, так и в изменении кардинальных. Кардинальные зубы имеют тенденцию удлиняться и скашиваться, становясь почти параллельными замочному краю.

Развитие следующих членов филогенетического ряда шло в направлении некоторой редукции замкового аппарата. Об этом свидетельствует понтический же вид *Plagiodacna davidaschvili* Cel. из верхнепонтических слоев Гурии и Мегрелии. Его отличительной чертой является полное отсутствие зубов (лишь иногда в левой створке у молодых особей присутствует рудимент кардинального зуба, исчезающий по мере роста раковины). У другого возможного потомка *Plag. carinata* киммерийской *Plagiodacna modiolaris* Rouss. значительно увеличивается раковина, возрастает толстостенность створок, уменьшается число ребер (20—24 против 24—30 у *Plag. carinata*), макушки смещаются кпереди к почти терминальному положению, имеется субапикальная площадка, на которой расположены кардинальные зубы, удлиняющиеся, становящиеся почти параллельными замочному краю и превращающиеся в складки, покрытые струйками нарастания. *Plag. modiolaris* появляется в среднем киммерии, а в верхнем киммерии дает начало своеобразному виду *Plagiodacna epidemia* Dav., который выше киммерийских слоев не встречен. Этот вид, в отличие от всех остальных, мог, по-видимому, обитать в дельтах рек ([5], стр. 75).

Таблица 2

Стратиграфическое распространение представителей рода *Plagiodacna*  
в плиоцене Эвксинского бассейна

Стратиграфические ярусы		Керченский полуостров	Западная Грузия (Абхазия, Гурия, Мегрелия)
Курья-ник			<i>Plag. djanelidzei</i> Ebers., <i>Plag. gamkrelidzei</i> Gab.
Киммерий	верхний	<i>Plagiodacna modiolaris</i> Rouss.	<i>Plag. epidemia</i> Dav., <i>Plag. gamkrelidzei</i> Gab.
	средний	<i>Plag. carinata</i> Desh., <i>Plag. modiolaris</i> Rouss. <i>Plag. pokveschica</i> sp. nov.	<i>Plag. modiolaris</i> Rouss., <i>Plag. pokveschica</i> sp. nov.
	нижний		
Понт	верхний	<i>Plag. carinata</i> Desh.	<i>Plag. carinata</i> Desh., <i>Plag. davidaschvili</i> Cel.
	средний	<i>Plag. carinata</i> Desh.	
	нижний		

Исходный член этого ряда *Plag. carinata* известен до среднего киммерия включительно. От этого вида, помимо *Plag. modiolaris*, произошли еще несколько других видов: *Plagiodacna pokveschica* sp. nov., встречен-

ный только в среднекиммерийских слоях, *Plagiodaena gamkrelidzei* Gab., найденный в верхнекиммерийских и куяльницких слоях, а также *Plagiodaena djanelidzei* Ebers, указываемый только в куяльнике. У куяльницких видов наблюдается уменьшение размеров раковины, уменьшение величины макушек, укорочение заднего края и уменьшение его скошенности, а также уменьшение кардинальных зубов. Создается впечатление, что условия существования в куяльнике должны были быть неблагоприятными не только для достигшей расцвета в конце киммерия *Plag. epidemia*, но и для всех плагиодаки вообще. Два вида плагиодаки, доживших до куяльника, были последними, относительно „угнетенными“ представителями ветви *Plagiodaena*.

Приуроченность почти всех известных видов плагиодаки к строго определенным стратиграфическим горизонтам свидетельствует об их важном значении как руководящих ископаемых форм (табл. 2).

Академия наук Грузинской ССР

Институт палеобиологии

(Поступило в редакцию 10.8.1965)

პალეობიოლოგია

ე. ახვლედიანი

გვარ *PLAGIODAENA* ANDRUSSOW-ის შესწავლისათვის

რეზიუმე

გვარ *Plagiodaena*-ს აკუთვნებენ პლიოცენური კარდიდების თავისებურ ჯგუფს, რომლის წარმოშობის საკითხი ჯერ საბოლოოდ არაა გადაწყვეტილი. დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებულ პლიოცენურ ნალექებში (პონტურიდან კუიალნიკურის ჩათვლით) პლაგიოდაენების ყველა წარმომადგენლების არსებობამ საშუალება მოგვცა გავგეშუქებინა საკითხი მათი ფილოგენეზური დამოკიდებულებების შესახებ.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. N. Andrusoff. Studien über die Brackwassercardiden. Lieferung I. Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Petersbourg, VIII série, vol. XIII, № 3, St.-Petersbourg, 1903.
2. Л. Ш. Давиашвили. Обзор моллюсков третичных и послетретичных отложений Крымско-Кавказской нефтеносной провинции. Л.—М., 1933.
3. В. П. Колесников. О сарматских представителях семейства *Cardiidae*. Труды геол. музея АН СССР, т. V, Изд. АН СССР, Л., 1929.
4. Г. Ф. Челидзе. Двустворчатые нижнего и среднего плиоцена Грузии. Вестник Гос. музея Грузии, т. XIII-А. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1947.
5. А. Г. Эберзин. Солоноватоводные кардиниды плиоцена СССР, ч. II. Изд. АН СССР, Л.—М., 1951.

А. Г. АЛИМОВ, Л. Г. РАБУХИН

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАВОДКОВОГО ПРИТОКА ПРИ  
 КРИВОЛИНЕЙНОМ ГИДРОГРАФЕ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 5.6.1965)

Процесс трансформации гидрографа паводка, вследствие накопления воды в пруде-водохранилище, характеризуется уравнением водного баланса

$$Q - Q_c = \frac{dV}{dt}, \quad (1)$$

где

$Q$ —расход притока с бассейна;

$Q_c$ —сбросной расход;

$dV$ —изменение объема воды в пруде-водохранилище за интервал времени  $dt$ .

Разработаны численные и графические методы решения уравнения (1), однако общего аналитического решения не имеется. В частности, вызывает затруднение нахождение выражения хронологического графика (гидрографа) притока в функции времени.

М. А. Мостков предложил использовать для аналитического выражения гидрографа полученную им формулу кривой распределения [1] в виде

$$Q = \frac{Q_n}{\Gamma\left(\frac{1}{n} + 1\right)} \cdot nx^{n-1} e^{-x^n}, \quad (2)$$

где

$Q_n$ —максимальный расход полного стока [2];

$n$ —численный коэффициент;

$\Gamma\left(\frac{1}{n} + 1\right)$ —гамма-функция;

$x = \frac{t}{t_n}$ —относительное время;

$t_n$ —время установления полного стока с бассейна [2];

$e$ —основание натурального логарифма.



Вместо  $Q_n$  в уравнение (2) можно ввести соответственно  $Q_m$  или  $Q_{cp}$ —максимальное или среднее значение расхода притока с бассейна, а вместо  $t_n$ —продолжительность подъема паводка  $t_1$ .

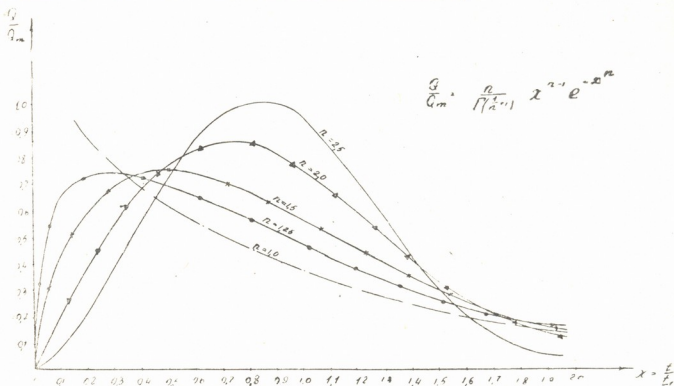


Рис. 1

Проведенные нами построения (рис. 1) показали, что при  $n \cong 1,25$  кривые, полученные по формуле (2), хорошо совпадают с очертанием обобщенных типовых гидрографов ([2], рис. 120÷125), при этом происходит плавное сопряжение ветвей подъема и спада гидрографа. Кроме того, ветви подъема имеют выпуклое очертание, что совпадает с формой ряда реальных гидрографов.

Для удобства решения уравнения водного баланса представляем входящие в него переменные величины в виде безразмерных зависимостей от соответствующих аргументов. Например, для сбросного расхода  $\frac{Q_c}{d^{5/2} g^{1/2}}$

от относительного напора  $y = \frac{H}{d}$

$$\frac{Q_c}{d^{5/2} g^{1/2}} = \alpha y^\beta$$

или

$$Q_c = \beta \alpha y^\beta, \quad \beta = d^{5/2} g^{1/2}, \quad (3)$$

где

$d$ —диаметр трубы—водоспуска;

$H$ —напор перед трубой;

$g=9,81$  м/сек<sup>2</sup>.

Соответственно зависимость объема пруда от относительного напора

$$\frac{V}{d^3} = cy^m$$

или

$$V = cd^3 y^m. \quad (4)$$

Значения величин  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $c$  и  $m$  определяются исходными данными расчета.

Дифференцируя выражение (4) по времени  $t$ , с учетом безразмерного соотношения  $x = \frac{t}{t_1}$  имеем

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dx} \cdot \frac{1}{t_1} = \frac{cd^3}{t_1} \cdot my^{m-1} \cdot y' = \Pi \cdot my^{m-1} \frac{dy}{dx}, \quad (5)$$

где

$$\Pi = \frac{cd^3}{t_1}.$$

Для выражения изменения сбросного расхода во времени принимаем предложенную С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем формулу [3] в виде

$$\frac{Q_c}{\beta} = ax^b e^{kx}$$

или

$$Q_c = \beta ax^b e^{kx}, \quad (6)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $k$  — численные коэффициенты ( $a > 0$ ,  $b > 0$ ,  $k < 0$ ).

Соответствующая кривая имеет двоякую кривизну на участке возрастания  $Q_c$ , что совпадает с действительным характером изменения графика  $Q_c = f_2(t)$ .

Анализ выражения (6) с учетом конкретных расчетов позволил установить, что значение  $b$  достаточно близко к двум при условии введения коэффициента  $\gamma = 3,6 \cdot \frac{d}{Q_m}$ .

Подставляя приведенные значения в исходное уравнение (1), получаем

$$D \cdot nx^{n-1} e^{-x^n} dx - \gamma \beta ax^2 e^{kx} = \Pi \cdot my^{m-1} dy, \quad (7)$$

где

$$D = \frac{Q_m}{\Gamma\left(\frac{1}{n} + 1\right)}.$$



Производим интегрирование уравнения (7), используя следующие дополнительные условия: в точке  $B$  при  $x = x_B$  (рис. 2) сбросной расход имеет максимальное значение, следовательно,

$$\frac{d}{dx} (\beta \cdot ax^2 e^{kx}) = 0,$$

откуда

$$k = -\frac{2}{x}.$$

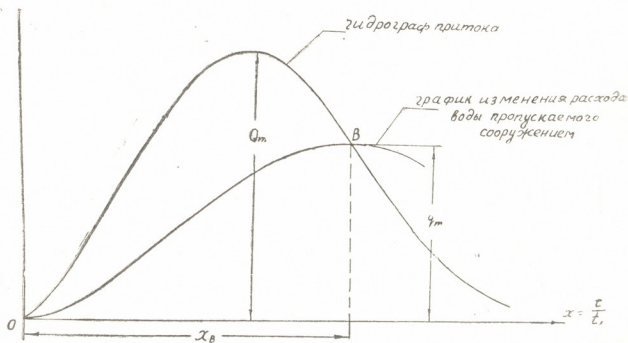


Рис. 2

В указанной точке расход в сооружении равняется расходу притока с бассейна, или, согласно уравнениям (2) и (3),

$$D \cdot nx^{n-1} e^{-x^n} = \beta \alpha y^p.$$

Тогда

$$y = \left( \frac{D \cdot n}{\beta \alpha} x^{n-1} e^{-x^n} \right)^{1/p},$$

а согласно уравнениям (2) и (6),

$$Dnx^{n-1} e^{-x^n} = \beta \cdot ax^2 e^{kx},$$

откуда

$$a = \frac{D \cdot n}{\beta} \cdot x^{n-3} \cdot e^{-(x^n + kx)}.$$



Опуская промежуточные преобразования, получаем в результате интегрирования

$$1 - e^{-x_B^n} (1 + B \cdot x_B^n) = A (x_B^{n-1} e^{-x_B^n})^{m/p}, \quad (8)$$

где

$$B = 0,6\gamma \cdot n = 2,16 \cdot n \cdot \frac{d}{Q_m}, \quad (9)$$

$$A = \Pi \left( \frac{n}{\beta\alpha} \right)^{m/p} \cdot D^{(m-p)-1} = \frac{cd^3}{t_1} \left( \frac{n}{a^{5/2} g^{1/2}} \right)^{m/p} \left[ \frac{Q_m}{\Gamma \left( \frac{1}{n} + 1 \right)} \right]^{m/p-1}. \quad (10)$$

Решая уравнение (8) путем подбора или с помощью номограмм, находим  $x_B$  — относительное время, соответствующее максимальному расходу в сооружении  $q_m$ . Подставляя значение  $x_B$  в уравнение (2), получаем искомое значение  $q_m$ . Если это необходимо, то по уравнению (6) можно построить весь график изменения сбросных расходов во времени  $Q_c = f_2(t)$ .

Пример расчета. Дано:  $Q_m = 9$  м<sup>3</sup>/сек;  $t_1 = 50$  мин = 3000 сек;

$$n = 2; \quad \Gamma \left( \frac{1}{n} + 1 \right) = 0,886; \\ d = 2 \text{ м.}$$

Кривая объемов  $V = f(H)$  в безразмерных величинах имеет выражение

$$\frac{V}{d^3} = 20000 y^3 \quad \text{или} \quad v = 2500 y^3.$$

Исходя из этих условий,

$$m = 3; \quad c = 2500.$$

Для безнапорного режима

$$\alpha = 0,361; \quad P = 1,75.$$

Согласно формулам (9) и (10) определяем

$$B = 2,16 \cdot 2 \cdot \frac{2}{9} = 0,963;$$

$$A = \frac{2500 \cdot 2^3}{3000} \cdot \left( \frac{2}{2^{5/2} \cdot 9,81^{1/2} \cdot 0,361} \right)^{3/(1,75)} \cdot \left( \frac{9}{0,886} \right)^{3/(1,75)-1} = 4,96.$$

Подставляем значения  $A$ ,  $B$  и  $n$  в уравнение (8):

$$1 - 2,718^{-x_B^2} (1 + 0,963 \cdot x_B^2) = 4,96 (x \cdot 2,718^{-x_B^2})^{3/(1,75)}.$$

Решая уравнение путем подбора, определяем  $x_B = 1,26$  и, подставляя это значение в уравнение (2), получаем

$$q_m = \frac{9}{0,886} \cdot 2 \cdot 1,26^{2-1} \cdot 2,718^{1,26^2} = 5,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Расчетом по уточненному табличному способу [4] находим

$$q_m = 5,18 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Погрешность

$$\delta = \frac{5,2 - 5,18}{5,18} \cdot 100 = 0,4\%,$$

что указывает на точность расчета по изложенному методу.

Волгоградский институт инженеров  
городского хозяйства

(Поступило в редакцию 5.6.1965)

ჰიდროტექნიკა

ა. ალიმოვი, ლ. რაბუხინი

წყალდიდობის მოწოდის ტრანსფორმაციის გაანგარიშება  
მრუდხაზოვან ჰიდროტრაფის დროს

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია წყალსაშვებ ნაგებობათა ნახერცების გაანგარიშების მეთოდი, რომელიც ეყრდნობა წყლის ბალანსის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირებას.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Мостков. Очерк теории руслового потока. Изд. АН СССР, М., 1959.
2. Инструкция по расчету стока с малых бассейнов. Трансжелдориздат, М., 1956.
3. С. Н. Крицкий, М. Ф. Менкель. Водохозяйственные расчеты. Гидрометеоздат, Л., 1952.
4. Л. Г. Рабухин. Расчет отверстий водопропускных сооружений с учетом аккумуляции. Сообщения АН СССР, т. XVII, № 7, 1956.

А. Н. КИЛАСОНИЯ

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА  
ПРИ ПОЛНОМ МНОГОЛЕТНЕМ РЕГУЛИРОВАНИИ  
РЕЧНОГО СТОКА

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. Г. Шенгелия 25.6.1965)

Впервые применив методы теории вероятностей и математической статистики к расчетам речного стока, Хазен условно разделил регулируемую (полезную) емкость водохранилища на две составляющие—многолетнюю и сезонную. Такое деление в дальнейшем получило широкое распространение, так как позволяло производить раздельный анализ многолетних и внутригодовых колебаний стока.

В результате успехов, достигнутых в области теории регулирования речного стока, методика расчета многолетней составляющей полезной емкости водохранилища доведена до достаточно высокой степени совершенства. Здесь следует отметить работы В. П. Захарова, Н. А. Картвелишвили, С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля, С. Н. Рыбкина, А. Д. Саваренского, Ш. Ч. Чокина и др. Различными авторами предложены графики для быстрого и точного расчета водохранилищ. Среди них следует отметить графики Я. Ф. Плешкова и И. В. Гуглия, построенные методами С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля [1], графики Г. Г. Сванидзе, А. Ш. Резинковского и В. В. Зубарева, построенные методом Г. Г. Сванидзе [2] и др.

Далеко не в такой стадии разработки находится метод определения сезонной составляющей, хотя и здесь имеется ряд интересных исследований [3]. Такое положение объясняется резко отличающимися индивидуальными особенностями внутригодового распределения стока каждого водотока, не позволяющими делать такие широкие обобщения, как при расчете многолетней составляющей емкости водохранилища.

Очевидно, что деление емкости водохранилища на отдельные составляющие является условным и не отражает действительного характера работы регулирующей установки как единого целого. Поэтому понятно стремление разработать более соответствующие реальным условиям работы регулирующей установки методы определения объема водохранилища как единого целого, без деления на отдельные составляющие. Имеющиеся



методы хотя и являются оригинальными, но не лишены существенных недостатков. Так, например, в сложных случаях расчета (переменное потребление воды и др.) они или вообще неприменимы, или же не дают полноценного решения. В этом отношении от остальных выгодно отличается обобщенный статистический метод фрагментов, основанный на применении метода Монте-Карло [2]. Его можно использовать для сложных случаев расчета, а большой объем вычислительных работ поддается механизации путем применения электронно-цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ).

При определении оптимальных правил работы водохранилища, т. е. при разработке диспетчерских графиков в проектной практике, до сих пор широко применяется раздельное определение многолетней и сезонной составляющих емкости водохранилища.

Способ определения полной емкости путем простого сложения составляющих ( $\beta_0 = \beta_c + \beta_m$ )<sup>1</sup> является явно ошибочным, поскольку емкость водохранилища получается преувеличенной. Так, для многолетнего регулирования стока р. Арагви в створе с. Живвали при постоянной отдаче  $\alpha = 0,9$  и обеспеченности отдачи  $P(\alpha) = 97\%$  необходимо наличие водохранилища емкостью  $\beta_0 = 0,90$ , тогда как для этой цели фактически достаточна емкость, не превышающая  $\beta_0 = 0,70$ .

В. Г. Айвазян, полагая  $\beta_c$  и  $\beta_m$  независимыми случайными величинами, предложил определять полную емкость водохранилища путем композиции отдельных составляющих [4, 5]. Преимущества этой схемы против простого сложения очевидны. Однако необходимо отметить, что, во-первых, независимость этих случайных величин требует соответствующего строгого доказательства и, во-вторых, нет полной уверенности в том, что композиция кривых распределения достаточно полно отражает взаимную дополняемость во время работы водохранилища. Способ получил распространение и в ряде случаев применяется при расчетах водохранилища.

Из других методов, основанных на способе композиции составляющих, заслуживающими внимания представляются методы, предложенные В. Г. Андреяновым [3] и М. Н. Вагаповым [6]. Они также основываются на установлении законов распределения вероятностей каждой из составляющих в виде кривых обеспеченности с последующей композицией этих кривых.

Многолетнюю составляющую все перечисленные авторы определяют с помощью существующих графиков. К определению сезонной составляющей они подходят по-разному.

<sup>1</sup> Емкость водохранилища и отдача даются в относительных величинах ( $\beta = \frac{V}{W}$ , где  $V$  — емкость водохранилища,  $W$  — норма годового стока,  $\alpha = \frac{W_{зар}}{W}$ ).

В. Г. Айвазьян предлагает построить кривую обеспеченности сезонной составляющей, пользуясь значениями сезонных дефицитов за все годы рассматриваемого календарного ряда, включая маловодные.

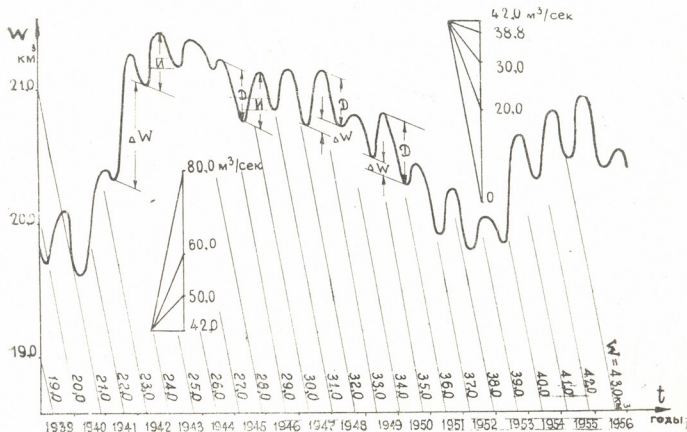


Рис. 1. Интегральная кривая стока за 1939—1956 гг.:  $W$ —объем суммарного стока реки,  $D$ —величина сезонного дефицита,  $И$ —величина сезонного избытка

В. Г. Андреев рассматривает дефициты (с учетом восстановления) только тех лет, сток которых превышает годовую отдачу.

М. Н. Ваганов считает, что для построения кривой обеспеченности сезонной составляющей недостаточно рассматривать только дефициты, а необходимо исходить из совместного анализа сезонных дефицитов многоводных и сезонных избытков маловодных лет.

С целью сопоставления результатов были произведены сравнительные расчеты по указанным методам на конкретном примере р. Арагви в створе с. Жинвали. В нашем распоряжении имелись данные наблюдений за 39 лет. Параметры стока следующие: среднемноголетний расход  $\bar{Q} = 43,1 \text{ м}^3/\text{сек}$ , коэффициент изменчивости  $C_v = 0,21$ , коэффициент асимметрии  $C_s = 0,90$  и коэффициент корреляции между смежными величинами годового стока  $r = 0,23$ . Часть интегральной кривой стока дана на рис. 1. Отдача принималась постоянной  $\alpha = 0,9$  ( $Q_{\text{зар}} = 38,8 \text{ м}^3/\text{сек}$ ).

Для построения кривой обеспеченности сезонной составляющей по методу В. Г. Айвазьяна по интегральной кривой были выбраны сезонные дефициты всех наблюдаемых лет и сведены в табл. 1.



Таблица 1

Водность года $k_t$	Дефициты $d_t$	№ п/п	Дефициты в убывающем порядке	% обеспеченности $P$	Водность года $k_t$	Дефициты $d_t$	№ п/п	Дефициты в убывающем порядке	% обеспеченности $P$
0,944	0,139	1	0,368	1,35	1,039	0,170	20	0,207	52,65
1,496	0,008	2	0,355	4,05	0,872	0,273	21	0,205	55,35
1,086	0,214	3	0,351	6,75	0,972	0,257	22	0,203	58,05
1,255	0,207	4	0,345	9,45	0,800	0,185	23	0,194	60,75
0,842	0,368	5	0,328	12,15	0,817	0,355	24	0,185	63,45
0,833	0,270	6	0,315	14,85	0,738	0,305	25	0,180	66,15
1,030	0,280	7	0,305	17,55	0,849	0,286	26	0,175	68,85
0,968	0,304	8	0,304	20,25	0,998	0,137	27	0,170	71,55
0,937	0,099	9	0,286	22,95	1,332	0,205	28	0,144	74,25
0,821	0,269	10	0,284	25,65	1,079	0,230	29	0,139	76,95
0,786	0,328	11	0,273	28,35	0,923	0,351	30	0,139	79,65
1,334	0,087	12	0,270	31,05	0,847	0,194	31	0,137	82,35
1,186	0,180	13	0,269	33,75	1,049	0,175	32	0,136	85,05
0,910	0,243	14	0,257	36,45	0,650	0,345	33	0,099	87,75
1,480	0,041	15	0,252	39,15	0,910	0,252	34	0,098	90,45
1,522	0,139	16	0,246	41,85	1,234	0,098	35	0,087	93,15
1,042	0,136	17	0,243	44,55	1,125	0,203	36	0,041	95,85
0,937	0,144	18	0,230	47,25	0,923	0,246	37	0,008	98,55
0,698	0,315	19	0,214	49,95					

Кривая обеспеченности сезонной составляющей, построенная по данным табл. 1, приводится на рис. 3 (кривая 1).

Переходя к методу В. Г. Андреянова, из табл. 1 выбираем дефициты только тех лет, сток которых превышает величину годовой отдачи.

Таблица 2

Дефициты многоводных лет с учетом восстановления $d_t$	№ п/п	Дефициты в убывающем порядке $d_t$	% обеспеченности $P$	Дефициты многоводных лет с учетом восстановления $d_t$	№ п/п	Дефициты в убывающем порядке $d_t$	% обеспеченности $P$
0,139	1	0,351	2,0	0,170	14	0,175	54,0
0,008	2	0,304	6,0	0,284	15	0,170	58,0
0,041	3	0,284	10,0	0,139	16	0,144	62,0
0,087	4	0,257	14,0	0,257	17	0,139	66,0
0,205	5	0,252	18,0	0,304	18	0,139	70,0
0,207	6	0,246	22,0	0,139	19	0,129	74,0
0,098	7	0,243	26,0	0,099	20	0,136	78,0
0,180	8	0,230	30,0	0,144	21	0,099	82,0
0,203	9	0,214	34,0	0,246	22	0,098	86,0
0,214	10	0,207	38,0	0,351	23	0,087	90,0
0,230	11	0,205	42,0	0,252	24	0,041	94,0
0,175	12	0,203	46,0	0,243	25	0,008	98,0
0,136	13	0,180	50,0				

После введения поправки с помощью коэффициента восстановления по данным табл. 2 строится кривая обеспеченности сезонной составляющей (рис. 3, кривая 2).

Данные, необходимые для расчета по методу М. Н. Вагапова, приведены в табл. 3 и на рис. 2. Кривая обеспеченности сезонной составляющей воспроизводится на рис. 3 (кривая 3).

На графике рис. 3 наглядно показано имеющееся расхождение между полученными кривыми, особенно в зоне интересующей нас высокой обеспеченности отдачи. Это позволяет предполагать, что если не все, то по крайней мере две из них отклоняются от истинного очертания искомой кривой.

Из-за учета дефицитов маловодных лет, значения которых превышают дефициты многоводных лет, кривая 1 дает преувеличенные значения сезонной составляющей. Такой подход к решению задачи вполне оправдан при расчете водохранилища сезонного (годового) регулирования, когда требуется полное перераспределение ресурсов внутри любого года с целью обеспечения заданной отдачи. Как известно, такая задача на сезонную составляющую не возлагается.

Кривая 2 дает преуменьшенные значения  $\beta_c$  в связи с рассмотрением только многоводных лет с учетом восстановления дефицита. Кроме того, метод оставляет в нашем распоряжении очень мало точек, что не может не вызвать определенной ошибки при построении кривой обеспеченности. Количество точек уменьшается с увеличением глубины регулирования. Так, в рассмотренном примере при  $\alpha=0,9$  из 38 точек для построения кривой можно пользоваться только 25, а при увеличении глубины регулирования (до  $\alpha=1,0$ ) количество точек сокращается до 15.

Таблица 3

№ п/п	Водобалансовые разности		№ п/п	Водобалансовые разности	
	избытки И в млн. м <sup>3</sup>	дефициты D в млн. м <sup>3</sup>		избытки И в млн. м <sup>3</sup>	дефициты D в млн. м <sup>3</sup>
1	245	190	20	160	431
2	355	11	21	424	233
3	572	292	22	335	375
4	540	—	23	457	351
5	770	283	24	120	252
6	422	503	25	364	485
7	284	369	26	204	416
8	566	388	27	326	390
9	482	415	28	317	187
10	200	135	29	865	280
11	274	369	33	548	414
12	300	449	31	511	480
13	711	119	32	193	265
14	633	245	33	431	239
15	344	332	34	131	471
16	847	56	35	359	345
17	991	190	36	589	134
18	415	186	37	587	278
19	249	197	38	361	336



Кривая 3, построенная с учетом дефицитов многоводных и избытков маловодных лет, должна наиболее полно отражать внутригодовую

неравномерность распределения стока и, следовательно, располагаться между двумя остальными. Однако она расположилась ниже других.

Для других значений коэффициента корреляции между избытками и дефицитами кривая 3 может принять несколько иное относительно двух остальных. На это указывает М. Н. Вагапов, приводя пример с более высоким коэффициентом корреляции  $r = -0,75$  [6].

Расчет по данному методу связан с планиметрированием площадей и, как это не трудно заметить (фиг. 3), может привести к ощутимым ошибкам, особенно в зоне высокой обеспеченности отдачи.

Недостатком рассмотренных методов можно считать необходимость наличия довольно длинного ряда наблюдаемых данных, что далеко не всегда имеет место. Короткие же ряды

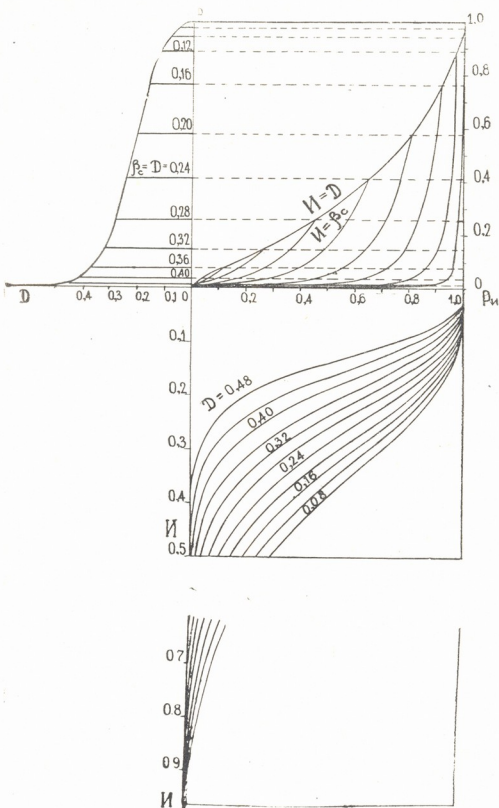


Рис. 2. Расчет кривой обеспеченности сезонной составляющей по методу М. Н. Вагапова: 1—кривая обеспеченности дефицитов, 2—кривая равных значений избытков и дефицитов, 3—кривые равных значений избытков и сезонных составляющих в маловодные годы, 4—условные кривые обеспеченности избытков



наблюдений могут привести к искажению результатов. Однако особенно важно то, что при наличии переменной отдачи расчеты указанными методами заметно усложняются, приходится прибегать к приближенным приемам путем искусственного приведения неравномерной отдачи к равномерной.

Таким образом, для разработки рационального метода построения кривой распределения вероятностей сезонной составляющей многолетней емкости водохранилища требуется проведение дополнительных исследований. Они и ведутся в разных направлениях. Представляется возможным добиться определенного успеха путем извлечения максимальной информации из имеющихся данных по внутригодовому распределению стока и моделирования искусственных гидрологических рядов с помощью метода фрагментов. Может оказаться полезным также и совместный анализ имеющихся в нашем распоряжении кривых обеспеченности полной многолетней емкости водохранилища и ее многолетней составляющей.

Указанный путь решения задачи представляется перспективным потому, что, во-первых, современная вычислительная техника позволяет механизировать трудоемкие расчеты, а программирование расчетов сильно упрощается путем применения стандартных подпрограмм, во-вторых, как показывают предварительные расчеты, фрагменты являются наиболее полноценным средством отображения характера внутригодового распределения речного стока, в-третьих, нельзя не воспользоваться наличием уже установленных обоснованных законов распределения вероятностей  $\beta_0$  и  $\beta_m$ . Выработанный на основании этих положений метод должен быть пригоден для любых сложных случаев расчета регулирования речного стока.

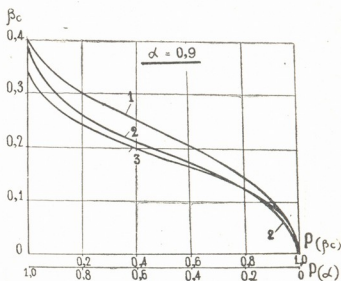


Рис. 3. Кривые обеспеченности сезонной составляющей  $P(\beta_c)$ : 1—по методу В. Г. Айвазяна, 2—по методу В. Г. Андреянова и 3—по методу М. Н. Вагапова,  $P(\alpha)$ —ось обеспеченности отдачи

Грузинский институт энергетики  
им. А. И. Дидебулидзе  
Тбилиси

ა. კილასონია

წყალსაცავის მოცულობის უმდარებოთი ანგარიშები  
მდინარის ჩანადენის მრავალწლიური რეგულირების  
დროს

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია მრავალწლიური რეგულირების წყალსაცავის მოცულობის სხვადასხვა მეთოდებით განგარიშების შედეგები. ამ მეთოდების კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე დასახულია ამოცანის ახლებურად გადაწყვეტისათვის საჭირო გზები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Крицкий и М. Ф. Менкель. Водохозяйственные расчеты. Гидрометеоиздат, Л., 1952.
2. Г. Г. Сванидзе. Основы расчета регулирования речного стока методом Монте-Карло. Изд. „Мецნიერება“, Тбилиси, 1964.
3. В. Г. Андреев. Внутригодовое распределение речного стока. Гидрометеоиздат, Л., 1960.
4. В. Г. Айвазян. Определение емкости водохранилища при регулировании стока. Гидротехническое строительство, № 2, 1941.
5. В. Г. Айвазян. Определение емкости водохранилища статистическим методом. Гидротехническое строительство, № 10, 1955.
6. М. Н. Вагапов. Метод расчета внутригодового перераспределения стока при долгосрочном регулировании. Вестник АН КазССР, № 2, 1962.

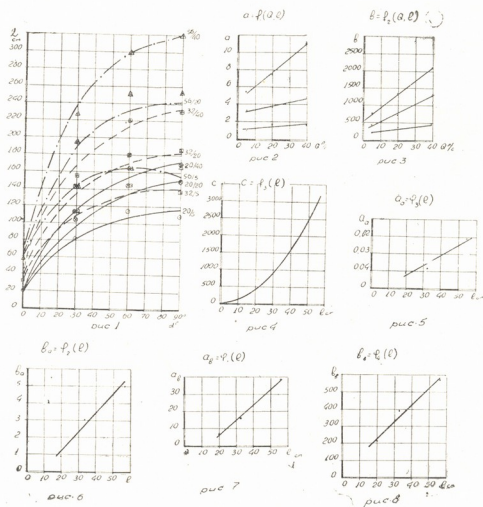




Как видим, для составления узлов интерполирования непригодно произвольно проведенные эксперименты. Нужны такие эксперименты и данные по ним, при которых соблюдены условия

$$\zeta = f(x, c_1) \text{ и } \zeta = f(y, c_2). \quad (3)$$

С другой стороны, если имеем случайные отклонения в экспериментальных данных, обусловленные неточностью измерения, то условия (3) нужно соблюсти с помощью осреднения.



Имея узлы интерполирования или таблицу, составленную по экспериментальным данным, можно найти приближенную функциональную зависимость, которая по результатам будет сходна с зависимостью (1). Для этого необходимо произвести интерполирование сперва по строкам, а затем по столбцам выражений (2). В конечном счете получим известную обобщенную интерполяционную формулу Ньютона для функциональной зависимости со многими переменными [2]

$$\begin{aligned} \zeta = f(x, y) = & A_{00} + A_{10}(x - x_0) + A_{01}(y - y_0) + A_{11}(x - x_0)(y - y_0) + \\ & + A_{20}(x - x_0)(x - x_1) + A_{02}(y - y_0)(y - y_1) + \dots + A_{m0}(x - x_0) \dots \\ & \dots (x - x_{m-1}) + A_{0n}(y - y_0)(y_0 - y_1) \dots (y - y_{n-1}) + \dots, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$A_{00} = f(x_0, y_0), \quad A_{10} = \frac{f(x_1, y_0) - A_{00}}{x_1 - x_0}, \quad A_{01} = \frac{f(x_0, y_1) - A_{00}}{y_1 - y_0},$$

$$A_{11} = \frac{f(x_1, y_1) - A_{00} - A_{10}(x - x_0) - A_{01}(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)(y_1 - y_0)} \quad \text{и т. д.}$$

В том случае, когда

$$x_i - x_{i-1} = \text{const} = h, \quad y_i - y_{i-1} = \text{const} = k,$$

формулу (4) можно упростить и она примет вид

$$\begin{aligned} z = f(x, y) = & f(x_0, y_0) + \frac{x - x_0}{h} \Delta_x f(x_0, y_0) + \frac{y - y_0}{k} \Delta_y f(x_0, y_0) + \\ & + \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{2! h^2} \Delta_x^2 f(x_0, y_0) + \frac{(x - x_0)(y - y_0)}{h k} \Delta_{xy}^2 f(x_0, y_0) + \\ & + \frac{(y - y_0)(y - y_1)}{2! k^2} \Delta_y^2 f(x_0, y_0) + \frac{(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2)}{3! h^3} \Delta_x^3 f(x_0, y_0) + \\ & + \frac{(x - x_0)(x - x_1)(y - y_0)}{2! h^2 k} \Delta_{xy}^3 f(x_0, y_0) + \\ & + \frac{(x - x_0)(y - y_0)(y - y_1)}{2! h k^2} \Delta_{xy}^3 f(x_0, y_0) + \\ & + \frac{(y - y_0)(y - y_1)(y - y_2)}{3! k^3} \Delta_y^3 f(x_0, y_0) + \dots \quad (5) \end{aligned}$$

Здесь по аналогии с обычными конечными разностями введены двойные конечные разности

$$\begin{aligned} f(x_{i+1}, y_j) - f(x_i, y_j) &= \Delta_x f(x_i, y_j), & \Delta_x^2 f(x_{i+1}, y_j) - \Delta_x^2 f(x_i, y_j) &= \Delta_x^3 f(x_i, y_j), \\ f(x_i, y_{j+1}) - f(x_i, y_j) &= \Delta_y f(x_i, y_j), & \Delta_y^2 f(x_i, y_{j+1}) - \Delta_y^2 f(x_i, y_j) &= \Delta_y^3 f(x_i, y_j), \\ \Delta_x f(x_{i+1}, y_j) - \Delta_x f(x_i, y_j) &= \Delta_x^2 f(x_i, y_{j+1}) - \Delta_x^2 f(x_i, y_j) &= \Delta_x^3 f(x_i, y_j), \\ &= \Delta_x^2 f(x_i, y_j), & &= \Delta_{xy}^3 f(x_i, y_j), \\ \Delta_x f(x_i, y_{j+1}) - \Delta_x f(x_i, y_j) &= \Delta_{xy}^2 f(x_i, y_{j+1}) - \Delta_{xy}^2 f(x_i, y_j) &= \Delta_{xy}^3 f(x_i, y_j), \\ &= \Delta_{xy}^2 f(x_i, y_j), & &= \Delta_y^3 f(x_i, y_j), \\ \Delta_y f(x_i, y_{j+1}) - \Delta_y f(x_i, y_j) &= \Delta_y^2 f(x_i, y_j), \dots \end{aligned}$$

Безусловно, что при наличии многих переменных число узлов-опытов велико. Например, при  $M$  переменных и при  $N$  их значениях, потребуется  $M^N$  узлов. Однако, если в функциональной зависимости отдельные переменные являются производными членами вида  $ax^b$ ,  $a \sin x$ ,  $\lg x$ ,  $e^x$  и т. п., вместо интерполяционных формул (4) или (5) можно пользоваться упрощенной зависимостью



$$f(x, y, \dots, z) = \frac{f(x, y_0, \dots, z_0) f(x_0, y, \dots, z_0) \dots f(x_0, y_0, \dots, z)}{f(x_0, y_0, \dots, z_0)^{M-1}} \quad (6)$$

Соответственно сокращается до  $MN$  и требуемое число узлов-опытов.

Для пояснения предлагаемого способа в качестве примера приведем процесс взаимодействия потока и берегозащитной шпору. По исследованиям А. А. Гелуташвили [3], возмущение потока за берегозащитной шпорой распространяется на длину  $L$ , которая в основном является функцией расхода воды  $Q$ , длины шпору  $l$  и угла установки шпору с берегом  $\alpha$ , т. е.

$$L = f(Q, l, \alpha), \quad (7)$$

но  $Q \neq f(l, \alpha)$  и  $l \neq f(\alpha)$ .

Выбирая экспериментальные данные из опытов А. А. Гелуташвили по условиям (3), можно составить табл. 1 по форме выражений (2).

Таблица 1

$$L = f(Q, l, \alpha)$$

Q л/сек	$\alpha$	l см					
		20		32,5		56	
		Опыт	по (20)	Опыт	по (20)	Опыт	по (20)
5	0	20	20	32,5	32,5	56	56
	30	83	83	114	109	145	145
	60	115	107	145	134	165	167
	90	109	118	138	141	168	156
20	0	20	20	32,5	32,5	56	56
	30	104	97	145	156	195	190
	60	145	134	180	171	252	233
	90	150	152	186	183	255	243
40	0	20	20	32,5	32,5	56	56
	30	113	114	156	163	227	238
	60	165	155	220	218	300	300
	90	170	172	231	234	320	320

Для получения приближенной функциональной зависимости, которая будет сходна с зависимостью (7), произвольно берем одну переменную, например  $\alpha$ , и строим осредненные графики  $L = f(\alpha)$  при разных зафиксированных значениях  $Q$  и  $l$  (рис. 1). Согласно этим графикам, отдельные кривые являются эллипсами, которые описываются уравнением вида

$$L^2 = a\alpha^2 + b\alpha + c. \quad (8)$$

Для каждой отдельной кривой эти уравнения запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned}
 L_{l=56, Q=40}^2 &= - 11,38 \alpha^2 + 2130 \alpha + 3130, \\
 L_{l=56, Q=20}^2 &= - 7,62 \alpha^2 + 1348 \alpha + 3130, \\
 L_{l=56, Q=5}^2 &= - 5,52 \alpha^2 + 766 \alpha + 3130, \\
 L_{l=32,5, Q=40}^2 &= - 4,85 \alpha^2 + 1026 \alpha + 1056, \\
 L_{l=32,5, Q=20}^2 &= - 3,7 \alpha^2 + 730 \alpha + 1056, \\
 L_{l=32,5, Q=5}^2 &= - 3,24 \alpha^2 + 468 \alpha + 1056, \\
 L_{l=20, Q=40}^2 &= - 1,62 \alpha^2 + 468 \alpha + 400, \\
 L_{l=20, Q=20}^2 &= - 1,67 \alpha^2 + 397 \alpha + 400, \\
 L_{l=20, Q=5}^2 &= - 1,05 \alpha^2 + 247 \alpha + 400.
 \end{aligned} \tag{9}$$

Анализируя члены уравнений (9), находим, что

$$a = f_1(l, Q), \quad b = f_2(l, Q) \quad \text{и} \quad c = f_3(l). \tag{10}$$

Далее, опять произвольно выберем одну переменную из двух оставшихся, например  $Q$ , и составим табл. 2 и 3, затем по ним построим осредненные графики (рис. 2 и 3), которые описываются уравнениями

$$a = a_a Q + b_a, \quad b = a_b Q + b_b. \tag{11}$$

Таблица 2

$l$	$a = f_1(Q, l)$		
	$Q$		
	5	20	40
20	1,05	1,67	1,62
32,5	3,24	3,70	4,85
56	5,52	7,62	11,38

Таблица 3

$l$	$b = f_2(Q, l)$		
	$Q$		
	5	20	40
20	247	397	468
32,5	468	730	1026
56	766	1348	2130

Согласно графикам 2 и 3, уравнения (11) для отдельных кривых будут

$$\begin{aligned}
 a_{l=56} &= 5,06 + 0,160 Q, & a_{l=32,5} &= 3,01 + 0,046 Q, \\
 a_{l=20} &= 0,969 + 0,0163 Q, & b_{l=56} &= 571 + 39 Q, \\
 b_{l=32,5} &= 388 + 16 Q, & b_{l=20} &= 215 + 6,3 Q.
 \end{aligned} \tag{12}$$

Как видим из уравнений (12),  $a_a$ ,  $a_b$ ,  $b_a$  и  $b_b$  являются функциями  $l$ . Составляем табл. 4, 5, 6 и 7 и опять строим осредненные графики по ним (рис. 5, 6, 7 и 8). Также составляем табл. 8 и график (рис. 4).



Таблица 4

$$a_a = f_4(l)$$

$l$	20	32,5	56
$a_a$	0,0163	0,046	0,160

Таблица 5

$$b_a = f_5(l)$$

$l$	20	32,5	56
$b_a$	0,969	3,01	5,06

Таблица 6

$$a_b = f_6(l)$$

$l$	20	32,5	56
$a_b$	6,3	16	39

Таблица 7

$$b_b = f_7(l)$$

$l$	20	32,5	56
$b_b$	215	388	571

Таблица 8

$$c = f_8(l)$$

$l$	20	32,5	56
$c$	400	1056	3130

Согласно графикам, приведенным на рис. 4, 5, 6, 7 и 8, определяем

$$a_a = 0,004 l - 0,064, \quad (13)$$

$$b_a = 0,1135 l - 1,3, \quad (14)$$

$$a_b = 0,91 l - 11,9, \quad (15)$$

$$b_b = 9,9 l + 17, \quad (16)$$

$$c = l^2. \quad (17)$$

Полученные значения  $a_a$ ,  $b_a$ ,  $a_b$ ,  $b_b$  вводим в уравнения (11) и получаем

$$a = (0,004 l - 0,064) Q + 0,1135 l - 1,3, \quad (18)$$

$$b = (0,91 l - 11,9) Q + 9,9 l + 17. \quad (19)$$

Значения  $a$  из (18),  $b$  из (19) и  $c$  из (17) вводим в уравнение (8) и окончательно получаем

$$\begin{aligned} L^2 &= - [(0,004 l - 0,064) Q + 0,1135 l - 1,3] \alpha^2 + \\ &= [(0,91 l - 11,9) Q + 9,9 l + 17] \alpha + l^2. \end{aligned} \quad (20)$$



Такой вид приобретает функциональная зависимость (7), определенная по способу интерполирования. Значения  $L$  по формуле (20) в достаточной степени совпадают с опытными данными (табл. 1).

Как видно из приведенного примера, процесс взаимодействия потока и берегозащитной шпору при применении способа интерполирования исследовался без искажения и огрубления явлений. Следовательно, полученные результаты являются более реальными, чем полученные по существующим способам гидравлических исследований.

Грузинский институт  
 гидротехники и мелиорации

(Поступило в редакцию 3.5.1965)

ჰიდრაავლიკა

ბ. რუჩუა, კ. გოგიანიშვილი, დ. თავზარაშვილი

ინტერპოლირების ხერხის გამოყენება ჰიდრაავლიკურ  
 კვლევებში

რეზიუმე

უმრავლეს ჰიდრაავლიკურ პროცესებზე მოქმედებს არა ერთი, არამედ რამდენიმე ფაქტორი, რომლებიც ხშირად ერთმანეთზე როდი არიან დამოკიდებულნი. ასეთ შემთხვევაში, თუ აღებულ ჰიდრაავლიკურ პროცესს ისე გამოვიკვლევთ, რომ საშუალება გვექნება ცდების შედეგები დავალაგოთ როგორც საინტერპოლაციაო კვანძების ცხრილი, მაშინ პროცესის მიახლოებითი პარამეტრები შეგვიძლია დავადგინოთ მრავალცვლადიანი ფუნქციების არსებული განზოგადებული საინტერპოლაციაო ფორმულებით.

მოყვანილი ხერხის სისწორეში ვრწმუნდებით კერძო მაგალითის განხილვით, რაც ეხება დეზის გავლენის არეს დადგენას წყლის ნაკადში.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Агроскин и др. Гидравлика. Госэнергоиздат, 1950.
2. И. С. Березин, Н. П. Жидков. Методы вычислений. Физматгиз, т. I. 1962.
3. А. А. Гелуташвили. Лабораторные исследования по определению оптимальных расстояний между шпорами. Труды Всесоюзного научно-технического совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам, т. I, 1960.

С. З. БОКШТЕЙН, С. Т. КИШКИН, А. М. МИРСКИЙ,  
Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик Академии наук Грузинской ССР),  
З. Ш. ХЕРОДИНАШВИЛИ

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФFUЗИИ УГЛЕРОДА

Исследование процессов диффузии углерода в твердых телах имеет большое значение как для практики, так и для теории. Существует большое количество методов исследования диффузионной подвижности углерода, но одним из наиболее удобных является метод меченых атомов.

Если, согласно этому методу, нанести радиоактивный углерод на торцевую поверхность образца в виде очень тонкого слоя, то распределение концентрации  $C$  в образце в процессе диффузионного отжига будет соответствовать решению второго уравнения Фика для диффузии в полубесконечное пространство из бесконечно тонкого слоя:

$$C = \frac{1}{V \pi Dt} e^{-X^2/(4Dt)}.$$

При этом предполагается, что общее количество диффундирующего вещества равно 1.

Точность определения коэффициента диффузии будет определяться степенью выполнения граничных условий, отвечающих решению уравнения. С этой точки зрения важно наносить на поверхность образцов весьма тонкие слои радиоактивного углерода.

Методом меченых атомов проведено большое количество работ по исследованию коэффициентов диффузии углерода в различных металлах. Однако в большинстве случаев углерод наносился в виде пасты или из донора. Оба метода нанесения углерода или очень усложняют расчеты, или очень грубо удовлетворяют граничным условиям при решении второго уравнения Фика.

В нашей работе исследовалась температурная зависимость диффузионной подвижности углерода в сплаве на титановой основе марки ВТЗ-1 в зависимости от обработки для случая термомеханической и обычной термической обработки.

Процесс термомеханической обработки проводили деформацией молотом при  $870^\circ$  с последующей закалкой в воде. Степень деформации



образцов составляла 60%. После закалки образцы подвергали старению при температуре  $500^{\circ}$  в течение 5 часов. Стандартную термическую обработку проводили по следующему режиму: закалка с  $850^{\circ}$  в воду и последующее старение при  $550^{\circ}$  в течение 5 часов.

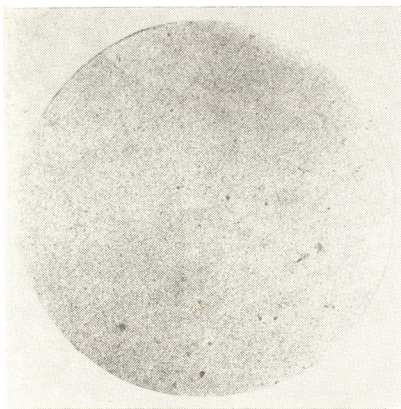
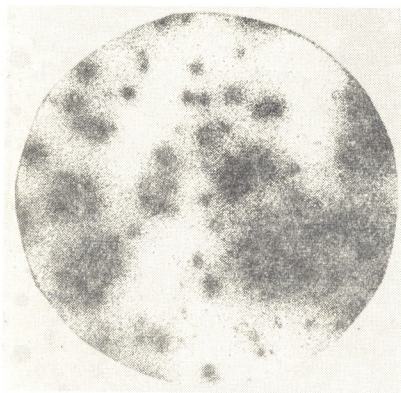


Рис. 1. Авторадиограммы образцов сплава ВТЗ-1, покрытых радиоактивным углеродом: а—углерод наносился на образец в виде пасты; б—углерод наносился на образец методом испарения в вакууме

работку проводили по следующему режиму: закалка с  $850^{\circ}$  в воду и последующее старение при  $550^{\circ}$  в течение 5 часов.

Из заготовок, прошедших термомеханическую и стандартную термическую обработку, механической обработкой вырезали образцы размером  $10 \times 10 \times 20$  мм (предварительно удаляли альфириванный слой). Шлифованные образцы притирали с точностью  $\pm 2$  мк.

Покрытие образцов радиоактивным углеродом  $C^{14}$  производили в термонапылительной установке ТНП-1, испарение радиоактивного углерода — из вольфрамовой лодочки при температуре  $2800^{\circ}$  и вакууме  $1 \cdot 10^{-4}$  мм рт. ст. Лодочку изготовляли из вольфрамовой фольги толщиной 0,2 мм теплой штамповкой при  $700-800^{\circ}$ . Температуру лодочки измеряли оптическим пирометром ОППИР-017.

При температуре  $2800^{\circ}$  и вакууме  $1 \cdot 10^{-4}$  мм рт. ст. скорость испарения углерода на три порядка меньше, чем скорость испарения вольфрама. Следовательно, на образец вместе с радиоактивным углеродом

осаждилось 0,1 вес. % вольфрама. Но это количество вольфрама не могло в какой-то степени исказить результаты, тем более что он нерадиоактивен.

Метод испарения в вакууме имеет следующие очевидные преимущества, по сравнению с другими методами нанесения радиоактивного углерода на образцы для исследования диффузионной подвижности:

1. Этим методом можно получать очень тонкие слои радиоактивного углерода, что позволяет удовлетворять граничным условиям при решении второго уравнения Фика для случая диффузии в полубесконечное пространство из бесконечно тонкого слоя.

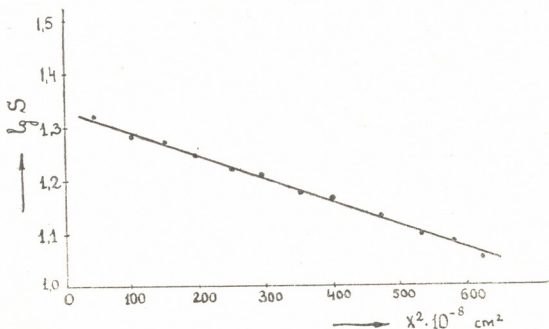


Рис. 2. Диффузия углерода в сплав ВГЗ—1 при 700° (термомеханическая обработка). Зависимость плотности почернения от квадрата глубины проникновения

2. Этим методом получают весьма плотные слои с равномерным распределением по поверхности образца. Равномерный слой получается в случае точечного источника испарения, расположенного на большом расстоянии от образца. На рис. 1 для сравнения приведены автордиограммы с образца, покрытого радиоактивным углеродом в виде пасты (левая автордиограмма), и с образца, покрытого радиоактивным углеродом методом испарения в вакууме (правая автордиограмма). Преимущество метода испарения в вакууме очевидно.

3. Метод позволяет получать большие удельные активности при очень тонком слое углерода, что увеличивает точность определения коэффициента диффузии в случае исследования диффузии методом снятия слоев или методом косого среза.

4. Поверхность напыления не имеет адсорбированных слоев, так как в вакууме эти слои удаляются.



5. Необходимо также отметить простоту и производительность метода (одновременно можно наносить слои углерода на большое количество образцов).

Диффузионный отжиг проводили в кварцевых трубках с геттерной откачкой. После диффузионного отжига на образцах делали косые срезы под углом  $10-60'$  (в зависимости от температуры и длительности отжига). Углы скола измеряли на инструментальном микроскопе с точностью  $\pm 1'$ . Затем с образцов снимали автордиограммы на ядерные пластинки НИКФИ типа МР или МК. Фотометрирование автордиограмм проводили на микрофотометре МФ-1.

На рис. 2 приведена зависимость логарифма плотности почернения от квадрата глубины проникновения. Из приведенного графика видно, что точки весьма удовлетворительно ложатся на прямую.

Полученный нами коэффициент диффузии углерода в сплаве ВТЗ-1 при  $700^\circ$  для случая термомеханической обработки равен  $7,0 \cdot 10^{-11}$  см<sup>2</sup>/сек., а для случая стандартной термической обработки  $3,5 \cdot 10^{-11}$  см<sup>2</sup>/сек.

Грузинский институт  
металлургии

(Поступило в редакцию 6.5.1965)

შეჯამება

ს. ბოქშტეინი, ს. კიშკინი, ა. მირსკი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ზ. ხერკოლინაშვილი

ნახშირბადის დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრის  
მეთოდიკა

რ ე ზ ი შ ე

შრომაში აღწერილია ნახშირბადის დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრის შედეგები ტიტანის შენადნობში ВТЗ-1 თერმომექანიკური და სტანდარტული თერმიული დამუშავებისას. ნახშირბადის დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრავად გამოყენებულია ნიშანდებული ატომების მეთოდი. ნიმუშების ზედაპირი იფარებოდა რადიოაქტიური ნახშირბადით  $C^{14}$  ეკუთმში აორთქლების მეთოდით ვოლფრამის ნავიდან, რაც ხურდებოდა  $2800^\circ$ -ზე.

Г. Н. ЗВИАДАДЗЕ, О. В. ШЕНГЕЛИЯ

ТЕРМОДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХЛОРИДА КАЛИЯ  
 СИЛИКОКАЛЬЦИЕМ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 7.7.1965)

Химизм взаимодействия хлорида калия с силикокальцием может быть представлен в виде реакции [1]



При высоких температурах из-за высокой летучести калия он получается в парообразном состоянии.

В данной статье излагаются некоторые результаты термодинамического расчета и экспериментального исследования равновесия этой реакции, которые в литературе не представлены.

Термодинамические расчеты

Исходя из следующих положений: бисилицид кальция и кремний ниже  $980^\circ$  дают эвтектическую смесь, а хлорид калия и хлорид кальция взаиморастворимы, константу равновесия реакции (1) следует представить в виде

$$K = \frac{[\text{CaCl}_2]}{[\text{KCl}]^2} P_k^2. \quad (2)$$

Она может быть рассчитана на основе соотношения

$$\ln K = - \frac{\Delta Z_{\text{реак}}}{RT}.$$

Изменение изобарного потенциала при взаимодействии бисилицида кальция с хлоридом калия определяется алгебраическим суммированием изобарных потенциалов продуктов и исходных веществ:

$$\Delta Z_{\text{реак}} = \Delta Z_{\text{CaCl}_2} + 2 \Delta Z_{\text{K}_{\text{ж}} \rightarrow \text{K}_{\text{пар}}} - 2 \Delta Z_{\text{KCl}} - \Delta Z_{\text{CaSi}_2}. \quad (3)$$

Функциональные зависимости  $\Delta Z$  от температуры для хлоридов калия и кальция взяты из справочника [2], для силицида кальция использованы уравнения, составленные нами в работе по восстановлению хлорида натрия силикокальцием [1], а для испарения калия уравнение для  $\Delta Z_{\text{K}_{\text{ж}} \rightarrow \text{K}_{\text{пар}}}$  составлено нами на основе литературных данных [3, 4] и имеет вид

$$\Delta Z_{\text{K}_{\text{ж}} \rightarrow \text{K}_{\text{пар}}} = 21876 + 6,52 T \lg T - 40,46 T.$$

В табл. 1 приведены величины изменения изобарных потенциалов реакции (1) при температурах, для которых были выполнены экспериментальные исследования равновесия.

## Изменение изобарного потенциала реакции

Температура	700	724	740	752	770	782
$\Delta Z_{\text{ккал}}$	45825	44408	43795	43193	42275	40476

## Экспериментальное исследование

Равновесие реакции (2) определялось измерением давления пара калия при взаимодействии силикокальция с  $\text{KCl}-\text{CaCl}_2$  с различным содержанием компонентов солевой фазы. Описание установки для измерения равновесного давления пара калия методом уноса и методики эксперимента приведены в работе [1].

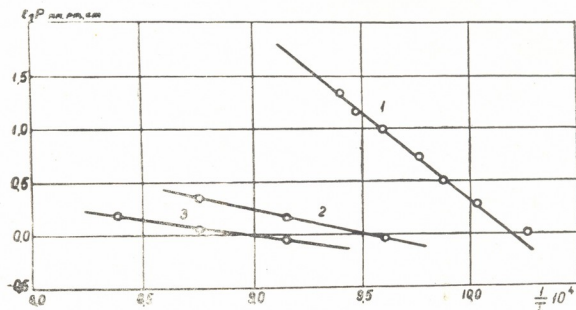


Рис. 1. 1—KCl; 2—KCl (67 моль %)—CaCl<sub>2</sub> (33 моль %);  
 3—KCl (50 моль %)—CaCl<sub>2</sub> (50 моль %)

Результаты опытов по измерению равновесного давления паров графически представлены на рис. 1. Эти результаты описываются следующими уравнениями; при восстановлении KCl

$$\lg P_{\text{K}} = 17,194 - \frac{16884}{T} \quad (973-1055^{\circ}\text{K}); \quad (4)$$

при восстановлении KCl (67 моль %)—CaCl<sub>2</sub> (33 моль %)

$$\lg P_{\text{K}} = 4,51 - \frac{4755}{T} \quad (1043-1143^{\circ}\text{K}); \quad (5)$$

при восстановлении KCl (50 моль %)—CaCl<sub>2</sub> (50 моль %)

$$\lg P_{\text{K}} = 2,64 - \frac{2944}{T} \quad (1093-1193^{\circ}\text{K}). \quad (6)$$

С помощью уравнения (4) изменение изобарного потенциала для реакции (1) определяется в виде

$$\Delta Z_{\text{T}} = 154489 - 130,966 T. \quad (7)$$

Рассчитанные по этому уравнению величины изменения изобарного потенциала для исследуемой реакции отличаются от данных табл. 1, что вероятнее всего объясняется недостоверностью уравнения  $\Delta Z_{CaSi_2}$ , составленного расчетным путем.

В табл. 2 приведены значения констант равновесия исследованной системы при различных температурах.

Следовательно, при изменении концентрации хлорида кальция в значительных размерах значения  $\lg K$  меняются в сравнительно узких пределах. Эти данные подтверждают, что равновесие системы определяется не только температурой, но и составом  $KCl-CaCl_2$ .

Значение давления паров калия при различных температурах для восстановления свободного хлорида калия и его растворов с хлоридом кальция позволяет рассчитать активности  $KCl$  в этих растворах и парциальные термодинамические функции хлорида калия по формулам

$$\begin{aligned} \overline{\Delta Z} &= 4,576 T \lg a, \\ \overline{\Delta S} &= -4,576 \left( \frac{T_1 + T_2}{2} \cdot \frac{\lg a_2 - \lg a_1}{T_2 - T_1} + \frac{\lg a_2 + \lg a_1}{2} \right), \\ \overline{\Delta H} &= \overline{\Delta Z} + T \overline{\Delta S}. \end{aligned}$$

В табл. 3 приведены парциальные величины изобарного потенциала энтропии и энтальпии смешения хлорида калия для исследованных составов системы  $KCl-CaCl_2$ .

Таблица 3  
Парциальные термодинамические функции  $KCl$  в  $KCl-CaCl_2$   
при  $770^\circ$

Состав $KCl-CaCl_2$		$\overline{\Delta Z}_{KCl}$ кал	$\overline{\Delta S}_{KCl}$ кал/град	$\overline{\Delta H}_{KCl}$ кал
$KCl$ N	$CaCl_2$ N			
0,67	0,33	-5014	1,165	-3799
0,5	0,5	-5623	1,339	-3231

Данные табл. 3 указывают, что избыточный потенциал хлорида калия в изученных составах системы  $KCl-CaCl_2$  имеет значительную вели-





чину и энтропия смешения  $KCl$  не равна нулю. Эти данные подтверждают химическое взаимодействие между компонентами системы  $KCl-CaCl_2$ , что доказано другими методами исследований [5].

Грузинский институт металлургии

(Поступило в редакцию 7.7.1965)

მეტალურგია

ბ. ზვიადაძე, ო. შენგელია

კალიუმის ქლორიდის სილიციკალციუმით აღდგენის თერმოდინამიკა

რ ე ზ ი უ ნ ე

სილიციდოთერმული აღდგენისას კალიუმის ორთქლის წონასწორული წნევა დამოკიდებულია  $KCl-CaCl_2$  სისტემის შემადგენლობისაგან და გამოისახება შემდეგი განტოლებებით:

$KCl$ -ის აღდგენისას

$$\lg P_K = 17,194 - \frac{16884}{T} \quad (973-1055^\circ K);$$

$KCl$  (67 მოლ %) —  $CaCl$  (23 მოლ %) სისტემის აღდგენისას

$$\lg P_K = 4,51 - \frac{4755}{T} \quad (1043-1143^\circ K);$$

$KCl$  (50 მოლ %) —  $CaCl_2$  (50 მოლ %) სისტემის აღდგენისას

$$\lg P_K = 2,64 - \frac{2944}{T} \quad (1093-1193^\circ K);$$

კალიუმის ქლორიდის პარციალური თერმოდინამიკური ფუნქციების გათვლა ადასტურებს  $KCl-CaCl_2$  სისტემის კომპონენტებს შორის ქიმიურ ურთიერთქმედებას. კალიუმის ქლორიდის სილიციდოთერმული აღდგენის იზობარული პოტენციალის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან გამოისახება შემდეგი განტოლებით:

$$\Delta Z_T = 154489 - 130,966 T.$$

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Н. Звиададзе, О. В. Шенгелия. О восстановлении натрия силикокальцием. Сообщения АН ГССР, XLII:1, 1965.
2. А. Н. Крестовников, Л. П. Владимиров и др. Справочник по расчетам равновесия металлургических реакций. Металлургияздат, 1963.
3. А. Н. Несмеянов. Давление пара химических элементов. Изд. АН СССР, 1961.
4. O. Kubaschewski, E. Eban. Metallurgical Thermochemistry. L., 1956.
5. Справочник по плавкостям систем из безводных неорганических солей, под ред. Н. К. Воскресенской. Изд. АН СССР, 1961.

Г. Г. ГВЕЛЕСИАНИ, Д. И. БАГДАВДЗЕ

## О ЛАНТАНО- И ЦЕРИТЕРМИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ОКИСИ ТУЛИЯ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 15.1.1966)

Тулий получают кальцитермическим восстановлением его фторида [1]. В литературе [2] высказана точка зрения о возможности вакуумтермического восстановления полуторной окиси тулия.

В предлагаемой работе изложены результаты экспериментального исследования термодинамики и кинетики указанного процесса.

Исходными материалами служили  $Tu_2O_3$ , La и Ce, чистота которых превышала 99,5 %.

В конечном итоге процесс взаимодействия полуторной окиси тулия с лантаном и церием может быть представлен в виде реакции



Определение равновесия этой реакции сводится к измерению величины давления пара тулия над реакционной смесью, так как для исследуемых температур  $P$  остальных участников реакции практически равно нулю, а активность — единице. Далее по уравнению

$$\Delta Z_T^0 = -RT \ln K_p = -RT \ln P^x \quad (2)$$

(где  $x$  равен двум) могут быть рассчитаны искомые термодинамические функции.

В опытах использовались ~ двухграммовые брикеты ( $\Phi - 15$  мм,  $\delta - 3$  мм) из смеси порошков  $Tu_2O_3$  ( $- 0,05$  мм) и восстановителя (La, Ce,  $- 1 + 0,1$  мм), спрессованные при  $5000$  кг/см<sup>2</sup>. Избыток восстановителя для лантанотермического процесса составлял ~ 25 % от теоретического

(молярное отношение  $\frac{La}{Tu_2O_3} = 2,5$ ), а для церитермического процесса ~ 37 % (молярное отношение  $\frac{Ce}{Tu_2O_3} = 2,75$ ).

Определение  $P_{равн}$  осуществлялось эффузионным методом на установке и по методике, которые описаны в работах [3, 4].



Результаты опытов для лантано- и церитермического восстановления полуторной окиси тулия даны в табл. 1, и соответственно на рис. 1 и 2. Опытные данные с точностью  $\pm 2\%$  воспроизводятся следующими уравнениями:

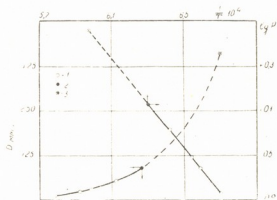


Рис. 1. Равновесное давление пара тулия над реакционной смесью  $\text{Th}_2\text{O}_3 + 2\text{La}$ . Диаметр эффузионного отверстия 0,8 (1) и 0,6 мм (2)

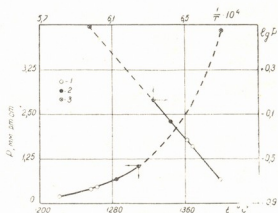


Рис. 2. Равновесное давление пара тулия над реакционной смесью  $\text{Th}_2\text{O}_3 + 2\text{Ce}$ . Диаметр эффузионного отверстия 0,8 (1) и 0,6 мм (2)

Таблица 1

Экспериментальные величины давления пара тулия при лантано- и церитермическом восстановлении окиси тулия

№ опытов	T°C	T°K	$\frac{1}{T} \cdot 10^4$	Продолжительность опыта $\tau$ , сек	Коэффициент Клаузинга, К	Площадь эффузионного отверстия S, см <sup>2</sup> · 10 <sup>3</sup>	Убыль веса навески g, г · 10 <sup>2</sup>	P мм рт. ст.	lgP
Лантанотермический процесс									
1	1217	1490	6,705	1200	0,883	4,48	1,35	0,14	- 0,841
2	1244	1517	6,591	600	0,884	4,59	1,15	0,24	- 0,615
3	1256	1529	6,540	600	0,885	4,69	1,45	0,30	- 0,523
4	1284	1557	6,422	600	0,887	4,80	2,65	0,54	- 0,268
5	1313	1586	6,305	600	0,865	3,20	2,85	0,90	- 0,045
6*	1400	1673	5,977	—	—	—	—	4,12	+ 0,615
Церитермический процесс									
1	1221	1494	6,693	1200	0,879	4,15	1,80	0,21	- 0,679
2	1256	1529	6,540	600	0,874	3,80	1,60	0,41	- 0,381
3	1263	1536	6,510	600	0,879	4,15	2,00	0,47	- 0,324
4	1284	1557	6,422	600	0,865	3,10	2,10	0,68	- 0,165
5	1308	1581	6,325	600	0,853	2,63	2,70	1,06	- 0,024
6*	1400	1673	5,977	—	—	—	—	4,84	+ 0,685

\* P<sub>равн</sub> получено экстраполяцией.

лантанотермический процесс

$$\lg P_{\text{MM}} = 12,696 - \frac{20200}{T} (1490 - 1673^\circ\text{K}) \quad (3)$$

церитермический процесс

$$\lg P_{\text{MM}} = 12,036 - \frac{19000}{T} (1494 - 1673^\circ\text{K}) \quad (4)$$

По формулам (2), (3), (4) рассчитываем уравнение температурной зависимости изменения изобарно-изотермного потенциала для лантано- и церитермического восстановления  $\text{Tu}_2\text{O}_3$ :

$$\Delta Z_{\text{T}}^0 = 184830 - 89,82 \cdot T \quad (1490 - 1673^\circ\text{K}),$$

$$\Delta Z_{\text{T}}^0 = 173850 - 83,78 \cdot T \quad (1494 - 1673^\circ\text{K}).$$

Кинетика исследуемых процессов изучалась на установке и по методике, которые описаны в работах [3, 4].

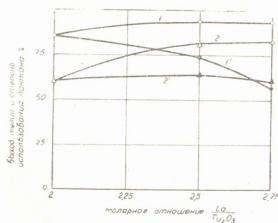


Рис. 3. Влияние состава шихты на показатели лантанотермического восстановления окиси тулия: 1 — выход тулия при  $1400^\circ\text{C}$ ; 2 —  $1300^\circ\text{C}$ ; 1' — степень использования лантана при  $1400^\circ\text{C}$ ; 2' —  $1300^\circ\text{C}$  (продолжительность при  $1400^\circ\text{C}$  95 минут, при  $1350^\circ\text{C}$  2 часа; давление брикетирования  $5000 \text{ кг/см}^2$ ; крупность La —  $1 + 0,1 \text{ мм}$ ; крупность  $\text{Tu}_2\text{O}_3$  —  $0,05 \text{ мм}$ ; вакуум  $\sim 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ )

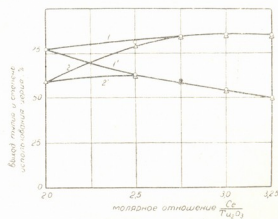


Рис. 4. Влияние состава шихты на показатели церитермического восстановления окиси тулия: 1 — выход тулия при  $1400^\circ\text{C}$ ; 2 —  $1350^\circ\text{C}$ ; 1' — степень использования церия при  $1400^\circ\text{C}$ ; 2' —  $1350^\circ\text{C}$  (продолжительность при  $1400^\circ\text{C}$  95 минут, при  $1350^\circ\text{C}$  95 минут; давление брикетирования  $5000 \text{ кг/см}^2$ ; крупность Ce —  $1 + 0,1 \text{ мм}$ ; крупность  $\text{Tu}_2\text{O}_3$  —  $0,05 \text{ мм}$ ; вакуум  $\sim 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ )

По данным экспериментов, максимальный выход металла при лантано- и церитермическом восстановлении полуторной окиси тулия наблюдается для состава шихты с молярными отношениями  $\frac{\text{La}}{\text{Tu}_2\text{O}_3} = 2,5$  (рис. 3) и  $\frac{\text{Ce}}{\text{Tu}_2\text{O}_3} = 2,75$  (рис. 4). Дальнейшее увеличение количества восстанови-

теля для обоих процессов ухудшает степень использования последнего и не улучшает выход тулия.

Указанные составы шихты следует признать оптимальными. Для них выход тулия и степень использования восстановителя при  $1400^{\circ}\text{C}$  соответственно равны 94; 74 и 86; 61%.

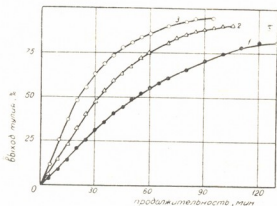


Рис. 5. Влияние температуры и продолжительности на выход тулия при лантанотермическом восстановлении: 1— $1300^{\circ}\text{C}$ ; 2— $1350^{\circ}\text{C}$ ; 3— $1400^{\circ}\text{C}$  (молярное отношение  $\frac{\text{La}}{\text{Th}_2\text{O}_3} = 2,5$ ; давление брикетирования  $5000 \text{ кг/см}^2$ ; крупность  $\text{Th}_2\text{O}_3$ — $0,05 \text{ мм}$ ; крупность La— $1 + 0,1 \text{ мм}$ ; вакуум  $\sim 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ )

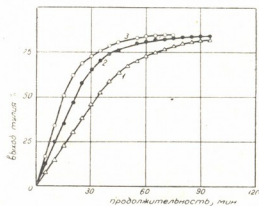


Рис. 6. Влияние температуры и продолжительности на выход тулия при церитермическом восстановлении: 1— $1350^{\circ}\text{C}$ ; 2— $1400^{\circ}\text{C}$ ; 3— $1450^{\circ}\text{C}$  (молярное отношение  $\frac{\text{Ce}}{\text{Th}_2\text{O}_3} = 2,75$ ; давление брикетирования  $5000 \text{ кг/см}^2$ ; крупность  $\text{Th}_2\text{O}_3$ — $0,05 \text{ мм}$ ; крупность Ce— $1 + 0,1 \text{ мм}$ ; вакуум  $\sim 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ )

Кинетические кривые восстановления  $\text{Th}_2\text{O}_3$  лантаном и церием для разных температур представлены на рис. 5 и 6. На скорость возгонки тулия заметно влияет повышение температуры. При  $1300^{\circ}\text{C}$  лантанотермический процесс протекает с относительно низкой скоростью и выход металла составляет 81%. С ростом температуры наблюдается заметная интенсификация хода реакции и при  $1350$  и  $1400^{\circ}\text{C}$  отгонка тулия увеличивается до  $\sim 90$  и  $\sim 94\%$  соответственно. Для этих температур восстановление практически заканчивается за 1,5 часа. Примерно аналогичная картина наблюдается и для церитермического восстановления  $\text{Th}_2\text{O}_3$ . В этом случае при  $1350^{\circ}\text{C}$  выходу тулия соответствует  $\sim 81\%$  и восстановление заканчивается за 1,5 часа. При  $1400$  и  $1450^{\circ}\text{C}$  выход металла увеличивается до  $\sim 84\%$ , а продолжительность опыта сокращается до 75—95 минут.

Обработка кинетических кривых уравнениями А. М. Гинстлинга

$$1 - (1 - G)^{2/3} = K_{\text{исп}} \cdot \tau \quad \text{и} \quad 1 - (1 - G)^{2/3} - \frac{2}{3}G = K_{\text{диф}} \cdot \tau \quad [5]$$

показывает (рис. 7 и 8), что в начале процесса скорость реакции должна лимитироваться удалением паробразного тулия, а в дальнейшем — диффузионным режимом.

Величины кажущихся энергий активизации для указанных режимов восстановления, рассчитанные по значениям  $K_{исп}$  и  $K_{дифф}$  для лантано- и церитермического процессов соответственно равны  $E_{исп} = 33440$  кал;  $E_{дифф} = 32660$  кал и  $E_{исп} = 32070$  кал;  $E_{дифф} = 54550$  кал.

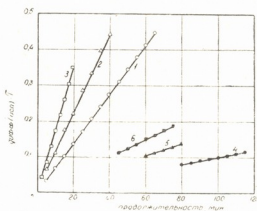


Рис. 7. Зависимость  $K_{дифф(исп)} \cdot \tau$  от времени в уравнениях А. М. Гинстлинга (для лантанотермического восстановления окиси тулия): 1 —  $1300^{\circ}\text{C} - K_{исп} \cdot \tau$  (от 5 до 58,5% восп.); 2 —  $1350^{\circ}\text{C} - K_{исп} \cdot \tau$  (от 8 до 58,5% восп.); 3 —  $1400^{\circ}\text{C} - K_{исп} \cdot \tau$  (от 6,5 до 48% восп.); 4 —  $1300^{\circ}\text{C} - K_{дифф} \cdot \tau$  (от 67 до 78,5% восп.); 5 —  $1350^{\circ}\text{C} - K_{дифф} \cdot \tau$  (от 75 до 85% восп.); 6 —  $1400^{\circ}\text{C} - K_{дифф} \cdot \tau$  (от 77,5 до 91% восп.).

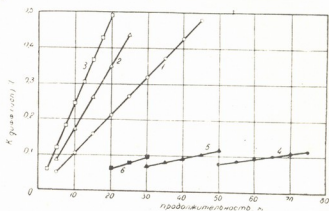


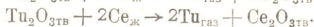
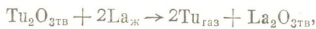
Рис. 8. Зависимость  $K_{дифф(исп)} \cdot \tau$  от времени в уравнениях А. М. Гинстлинга (для церитермического восстановления окиси тулия): 1 —  $1350^{\circ}\text{C} - K_{исп} \cdot \tau$  (от 7,5 до 63,5% восп.); 2 —  $1400^{\circ}\text{C} - K_{исп} \cdot \tau$  (от 13 до 58% восп.); 3 —  $1450^{\circ}\text{C} - K_{исп} \cdot \tau$  (от 9 до 62,5% восп.); 4 —  $1350^{\circ}\text{C} - K_{дифф} \cdot \tau$  (от 68 до 78,5% восп.); 5 —  $1400^{\circ}\text{C} - K_{дифф} \cdot \tau$  (от 66 до 78% восп.); 6 —  $1450^{\circ}\text{C} - K_{дифф} \cdot \tau$  (от 62,5 до 73% восп.).

Результаты опытов по влиянию давления брикетирования шихты на ход лантано- и церитермического восстановления полупуторной окиси тулия представлены на рис. 9 и 10.

Увеличение давления до  $5000 \text{ кг/см}^2$  повышает начальную скорость возгонки тулия и выход металла для лантанотермического восстановления. Для церитермического процесса также наблюдается рост скорости восстановления, однако выход тулия в интервале  $500 - 5000 \text{ кг/см}^2$  остается практически постоянным. Дальнейшее увеличение давления брикетирования шихты ухудшает показатели для обоих процессов и тем заметнее, чем выше величина давления.

Как показали опыты, изменение крупности восстановителя в интервале  $1 + 0,1 \text{ мм}$  практически не влияет на ход лантано- и церитермического процессов.

Рентгенографические исследования твердых продуктов восстановления указывают на образование полупуторных окислов лантана и церия. Следовательно, суммарная реакция восстановления может быть представлена следующими уравнениями:



Следует предположить, что механизм лантано- и церитермического восстановления полуторной окиси тулия аналогичен описанному в работах [6, 7].

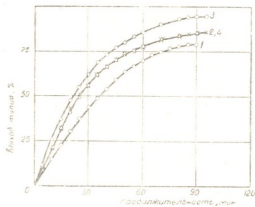


Рис. 9. Влияние давления брикетирования шихты на выход тулия при лантанотермическом восстановлении  $\text{Tu}_2\text{O}_3$ : 1 — 500 кг/см<sup>2</sup>; 2 — 2500 кг/см<sup>2</sup>; 3 — 5000 кг/см<sup>2</sup>; 4 — 10000 кг/см<sup>2</sup>; (молярное отношение  $\frac{\text{La}}{\text{Tu}_2\text{O}_3} = 2,5$ ; крупность La — 1 + 0,1 мм; крупность  $\text{Tu}_2\text{O}_3$  — 0,05 мм; температура 1400°C; вакуум  $\sim 10^{-3}$  мм рт. ст.)

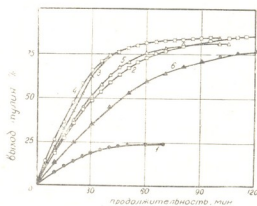


Рис. 10. Влияние давления брикетирования шихты на выход тулия при церитермическом восстановлении  $\text{Tu}_2\text{O}_3$ : 1 — 0 кг/см<sup>2</sup>; 2 — 500 кг/см<sup>2</sup>; 3 — 2500 кг/см<sup>2</sup>; 4 — 5000 кг/см<sup>2</sup>; 5 — 9000 кг/см<sup>2</sup>; 6 — 12500 кг/см<sup>2</sup> (молярное отношение  $\frac{\text{Ce}}{\text{Tu}_2\text{O}_3} = 2,75$ ; крупность Ce — 1 + 0,1 мм; крупность  $\text{Tu}_2\text{O}_3$  — 0,05 мм; температура 1400°C; вакуум  $\sim 10^{-3}$  мм рт. ст.)

Металл, полученный при оптимальных условиях процесса, содержит соевые доли процента соответствующего восстановителя.

### Выводы

1. Температурная зависимость  $P_{\text{равн}}^{\text{Ту}}$  и  $\Delta Z_{\text{T}}^{\circ}$  для лантано- и церитермического восстановления  $\text{Tu}_2\text{O}_3$  выражается соответственно уравнениями

$$\lg P_{\text{мм}} = 12,696 - \frac{20200}{T} \quad (1490 - 1673^{\circ}\text{K}),$$

$$\Delta Z_{\text{T}}^{\circ} = 184830 - 89,82 \cdot T \quad (1490 - 1673^{\circ}\text{K}),$$

$$\lg P_{\text{мм}} = 12,036 - \frac{19000}{T} \quad (1494 - 1673^{\circ}\text{K}),$$

$$\Delta Z_{\text{T}}^{\circ} = 173850 - 83,78 \cdot T \quad (1494 - 1673^{\circ}\text{K}).$$

2. Оптимальными условиями исследуемых процессов являются:

лантанотермический процесс

молярное отношение  $\frac{\text{La}}{\text{Tu}_2\text{O}_3} = 2,5$ ;

температура 1400°C;  
 продолжительность 95 минут;  
 давление брикетирования шихты 5000 кг/см<sup>2</sup>;  
 крупность порошка окиси тулия — 0,05 мм;  
 крупность порошка лантана — 1 ± 0,1 мм;  
 вакуум ~ 10<sup>-3</sup> мм рт. ст.

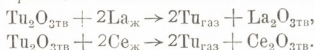
церитермический процесс

молярное отношение  $\frac{Ce}{Tu_2O_3} = 2,75$ ;

температура 1400°C;  
 продолжительность 95 минут;  
 давление брикетирования шихты 5000 кг/см<sup>2</sup>;  
 крупность порошка окиси тулия — 0,05 мм;  
 крупность порошка церия — 1 ± 0,1 мм;  
 вакуум ~ 10<sup>-3</sup> мм рт. ст.

3. Скорость реакции в начале процесса лимитируется испарением тулия, а в дальнейшем — диффузией реагентов через твердый продукт реакции (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

4. Суммарная реакция восстановления описывается уравнениями



Грузинский институт металлургии

(Поступило в редакцию 21.2.1966)

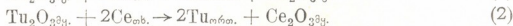
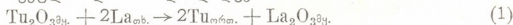
მეტალურგია

ბ. გველესიანი, ჯ. ბალაშვიძე

ტულიუმის ჟანგის ლანთანო- და ცერიტერმული აღდგენა

რ ე ზ ი უ მ ე

ტულიუმის ჟანგის ურთიერთმოქმედება ლანთანთან და ცერიუმთან მიმდინარეობს მყარ ჟანგეულსა და თხიად აღმდგენს შორის:



ამ რეაქციების წონასწორობა განისაზღვრება სარეაქციო კაზმზე ტულიუმის ორთქლის დრეკადობით, რომლის მნიშვნელობა გაზომილ იქნა ეფუზიური მეთოდით. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები შესაბამისად (1) და (2) რეაქციებისათვის გამოისახება შემდეგი ტოლობების საშუალებით:

$$\lg P_{\text{ორთ}} = 12,696 - \frac{20200}{T} \quad (1490 - 1673^{\circ}\text{K})$$



$$\lg P_{\text{გა}} = 12,036 - \frac{19000}{T} \quad (1494 - 1673^{\circ}\text{K})$$

ამის საფუძველზე გამოყვანილია (1) და (2) რეაქციების იზობარული-იზოთერმული პოტენციალების ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების განტოლებები:

$$\Delta Z_r^{\circ} = 184830 - 89,82 \cdot T \quad (1490 - 1673^{\circ}\text{K}),$$

$$\Delta Z_r^{\circ} = 173850 - 83,78 \cdot T \quad (1494 - 1673^{\circ}\text{K}).$$

დადგენილია ორივე პროცესის ოპტიმალური პირობები:

ლ ა ნ თ ა ნ ო თ ე რ მ უ ლ ი პ რ ო ც ე ს ი

კაზმის შედგენილობა: მოლარული ფარდობა  $\frac{\text{La}}{\text{Tu}_2\text{O}_3} = 2,5;$

ტემპერატურა  $1400^{\circ}\text{C};$

აღდგენის ხანგრძლივობა 95 წუთი;

კაზმის დაბრიკეტების წნევა  $5000 \text{ კგ/სმ}^2;$

ტულიუმის ჟანგის მარცვლის ზომა —  $0,05 \text{ მმ};$

ლანთანის ჟანგის მარცვლის ზომა —  $1 + 0,1 \text{ მმ};$

გაიზვიათება სისტემაში  $\sim 10^3 \text{ მმ. სინდ. სვ.}$

ც ე რ ი თ ე რ მ უ ლ ი პ რ ო ც ე ს ი

კაზმის შედგენილობა: მოლარული ფარდობა  $\frac{\text{Ce}}{\text{Tu}_2\text{O}_3} = 2,75;$

ტემპერატურა  $1400^{\circ}\text{C};$

აღდგენის ხანგრძლივობა 95 წუთი;

კაზმის დაბრიკეტების წნევა  $5000 \text{ კგ/სმ}^2;$

ტულიუმის ჟანგის მარცვლის ზომა —  $0,05 \text{ მმ};$

ცერიუმის ჟანგის მარცვლის ზომა —  $1 + 0,1 \text{ მმ};$

გაიზვიათება სასტემაში  $\sim 10^{-3} \text{ მმ. სინდ. სვ.}$

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. F. H. Spedding, A. H. Daane. The Preparation and Properties of Rare-Earth Metals. Progr. Nuclear Energy, 1, 1956, 413.
2. Редкоземельные металлы. М., 1957, 298.
3. Г. Г. Гвелесиანი, Н. П. Мгалоблишвили, А. А. Надирадзе. Высокотемпературные установки для исследования вакуумтермических восстановлений. Труды Грузинского ин-та металлургии, № 14, 1965, 199.
4. Г. Г. Гвелесиანი, А. А. Надирадзе. Об алюмотермическом восстановлении окиси иттербия. Изв. АН СССР, Металлургия и горное дело, № 5, 1964, 57.
5. П. П. Будников, А. М. Гинстлинг. Реакция в смесях твердых веществ. Госстройиздат, М., 1961.
6. Г. Г. Гвелесиანი, Д. И. Багдавадзе. О лантанотермическом восстановлении окиси самария. Сообщения АН ГССР, ХLI:3, 1965.
7. Г. Г. Гвелесиანი, Д. И. Багдавадзе. О церитермическом восстановлении окиси самария. Сообщения АН ГССР, ХLI:1, 1966.

Г. Н. ЦЕРЦВАДЗЕ

## ОБ ЭНТРОПИЙНОЙ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 4.5.1965)

Проблема обеспечения надежности функционирования конечных автоматов имеет первостепенное значение в технических задачах, в которых конечные автоматы используются как основное вычислительное средство. Этой проблеме посвящено множество работ, среди которых основополагающей является работа Неймана [1]. В этих работах были получены принципиально важные результаты, сравнительно далекие, однако, от технических приложений.

В работе [2] мы широко пользовались идеей трактовки автомата, построенного из ненадежных элементов, как стохастического автомата, т. е. автомата, последовательность состояний которого образует однородную марковскую цепь. При таком подходе к описанию функционирования автоматов предполагается, что каждому состоянию „идеального“ (т. е. абсолютно надежного) автомата соответствует лишь одно состояние моделирующего стохастического автомата.

Как уже отмечалось [2], для исследования надежности функционирования автоматов важное значение имеет решение задачи определения требуемого уровня надежности отдельного элемента для достижения необходимой надежности функционирования всего автомата за заданное число тактов. Эта задача может быть сформулирована следующим образом. Задан конечный автомат и заданы числа  $\delta$  и  $T$ . Требуется определить  $\epsilon$  — вероятность ошибочного срабатывания элемента, которая при данной структуре автомата обеспечивает, чтобы за  $T$  тактов вероятность ошибки автомата в целом была не более  $\delta$ . Значение этой задачи состоит в том, чтобы определить, может ли быть обеспечена требуемая надежность без введения дополнительных элементов (т. е. без дублирования).

Среди различных способов решения этой задачи предложенный нами энтропийный метод позволяет относительно просто получать требуемые оценки.



Пусть на каком-либо такте распределение вероятностей состояний рассматриваемого автомата есть  $S_1, S_2, \dots, S_N$ . Тогда энтропия

$$H(S_1, S_2, \dots, S_N) = - \sum_{i=1}^N S_i \lg S_i \quad (1)$$

характеризует неопределенность, возникшую в результате неправильных срабатываний отдельных элементов, из которых построен автомат. Можно показать, что энтропия  $H$  стохастического автомата, описываемого совокупностью стохастических матриц

$$R_{\alpha} = \|r_{ij}(\rho_{\alpha}, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)\|, \quad (2)$$

где  $\{\rho_{\alpha}\}$  — множество входных символов,  $\varepsilon_k$  — вероятность неправильного срабатывания (сбоя)  $k$ -го элемента, на  $T$ -м такте удовлетворяет неравенству

$$H^T \leq T\tilde{H}, \quad (3)$$

где

$$\tilde{H} = \max_{i, \alpha} \left[ - \sum_{k=1}^N r_{ik}(\rho_{\alpha}, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) \lg r_{ik}(\rho_{\alpha}, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) \right].$$

Так как вероятности перехода  $r_{ik}$  зависят от вероятностей  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  сбоев элементов, то и величина  $\tilde{H}$  является функцией  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ , причем вид этой функции зависит, вообще говоря, от конкретной структуры автомата.

Для того широкого класса случаев, когда автоматы реализуются из двоичных элементов (типа реле), функция  $\tilde{H}(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$  точно вычисляется и имеет следующее соотношение:

$$\tilde{H}(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) = \sum_{k=1}^n H(\varepsilon_k), \quad (4)$$

где  $n$  — число двоичных элементов.

Прежде чем перейти к доказательству формулы (4), примем весьма правдоподобное с практической точки зрения предположение относительно сбоев элементов:

1. Вероятности сбоев элементов различны и остаются постоянными в течение достаточно большого промежутка времени.
2. Сбой элементов в различные такты работы автомата могут наступать независимо друг от друга.

Пусть стохастический автомат, построенный из  $n$  двоичных элементов с вероятностями сбоев  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$  соответственно и имеющий

$N = 2^n$  состояний, находится в  $i$ -м состоянии, которое характеризуется набором  $(\alpha_1^i, \alpha_2^i, \dots, \alpha_n^i)$  состояний двоичных элементов ( $\alpha_k^i = 1$ , если  $k$ -й элемент в  $i$ -м состоянии „возбужден“, и  $\alpha_k^i = 0$  — в противном случае). Допустим, что в соответствии с матрицей переходов состояний „идеального“ автомата последний из  $i$ -го состояния должен перейти в  $S$ -е, характеризующее набором  $(\alpha_1^{S_i}, \alpha_2^{S_i}, \dots, \alpha_n^{S_i})$ .

Тогда матричный элемент  $r_{ij}$  стохастического автомата будет иметь вид

$$r_{ij} = \prod_{\mu \in M_{ij}} \varepsilon_{\mu} \prod_{\nu \in M'_{ij}} (1 - \varepsilon_{\nu}), \quad (5)$$

где  $M_{ij}$  обозначает множество разрядов, соответствующих неправильным срабатываниям при переходе автомата из состояния  $i$  в состояние  $j$ , т. е. множество несовпадающих разрядов двоичных наборов  $(\alpha_1^{S_i}, \alpha_2^{S_i}, \dots, \alpha_n^{S_i})$  и  $(\alpha_1^i, \alpha_2^i, \dots, \alpha_n^i)$ , а  $M'_{ij}$  — дополнение множества  $M_{ij}$ . Покажем, что

$$\sum_{j=1}^N r_{ij} = \sum_{j=1}^N \prod_{\mu \in M_{ij}} \varepsilon_{\mu} \prod_{\nu \in M'_{ij}} (1 - \varepsilon_{\nu}) = 1. \quad (6)$$

Обозначим через  $P(\alpha_k^{S_i} = 0) = \varepsilon_k$  вероятность события, состоящего в том, что в  $k$ -м разряде произошло неправильное срабатывание (сбой) при переходе автомата из  $i$ -го состояния в  $S$ -е. Тогда  $P(\alpha_k^{S_i} = 1) = 1 - \varepsilon_k$  обозначает вероятность противоположного события.

Так как в различных разрядах правильные и неправильные срабатывания независимы друг от друга, то случайные величины  $\alpha_1^{S_i}, \alpha_2^{S_i}, \dots, \alpha_n^{S_i}$  независимы в совокупности.

Образуюем случайную величину

$$\alpha^{S_i} = \sum_{m=1}^n \alpha_m^{S_i}. \quad (7)$$

Нетрудно заметить, что  $\alpha^{S_i}$  принимает  $n + 1$  различных значений  $0, 1, 2, \dots, n$ .

Вычислим вероятность того, что  $\alpha^{S_i} = k$ , т. е. вероятность события, которое заключается в том, что число правильных срабатываний при переходе автомата из  $i$  в  $j$  произошло в  $k$  разрядах.

В этом случае множество  $M'_{ij}$  содержит именно  $k$  элементов. Ясно, что число таких множеств равно  $C_n^k$ . В случае схемы Бернулли (т. е. когда  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_n = \varepsilon$ ) получим



$$P(\alpha^{ji} = k) = C_n^k \epsilon^{n-k} (1 - \epsilon)^k.$$

В интересующем нас случае различных вероятностей сбоя элементов полного набора будем иметь

$$P(\alpha^{ji} = k) = (1 - \epsilon_{i_1})(1 - \epsilon_{i_2}) \dots (1 - \epsilon_{i_k}) \epsilon_{i_{k+1}} \dots \epsilon_{i_n} + \\ + \dots + (1 - \epsilon_{j_1})(1 - \epsilon_{j_2}) \dots (1 - \epsilon_{i_k}) \epsilon_{j_{k+1}} \dots \epsilon_{i_n}$$

Но так как

$$\sum_{k=0}^n P(\alpha^{ji} = k) = 1, \quad (8)$$

то

$$\sum_{j=1}^N r_{ij} = 1 \quad (9)$$

и справедливость формулы (6) показана.

Перейдем теперь к доказательству формулы (4). Для этого перепишем соотношение (4) в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^{N=2^n} r_{ij} \lg r_{ij} = \sum_{j=1}^n [\epsilon_j \lg \epsilon_j + (1 - \epsilon_j) \lg (1 - \epsilon_j)], \quad (10)$$

где  $r_{ij}$  задается формулой (5).

Доказательство будем проводить для соотношения (9) методом индукции. Нетрудно видеть что при  $n = 2$  формула (9) справедлива. В самом деле, исходя из стохастической матрицы

$$R = \begin{pmatrix} (1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2) & \epsilon_2(1 - \epsilon_1) & \epsilon_1(1 - \epsilon_2) & \epsilon_1 \epsilon_2 \\ (1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2) & \epsilon_2(1 - \epsilon_1) & \epsilon_1(1 - \epsilon_2) & \epsilon_1 \epsilon_2 \\ \epsilon_1(1 - \epsilon_2) & \epsilon_1 \epsilon_2 & (1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2) & \epsilon_2(1 - \epsilon_1) \\ \epsilon_1(1 - \epsilon_2) & \epsilon_1 \epsilon_2 & (1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2) & \epsilon_2(1 - \epsilon_1) \end{pmatrix}$$

которая соответствует „идеальной“ матрице переходов состояний

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

непосредственным подсчетом  $\sum_{j=1}^4 r_{ij} \lg r_{ij}$  убеждаемся, что энтропия

$H_i(\epsilon_1, \epsilon_2)$  не зависит от  $i$  и равна

$$H_i(\epsilon_1, \epsilon_2) = H(\epsilon_1) + H(\epsilon_2).$$

Допустим, что соотношение (10) имеет место для  $n = k - 1$ . Покажем, что оно справедливо и при  $n = k$ . Таким образом, имеем

$$\sum_{j=1}^{2^{k-1}} r_{ij}(k-1) \lg r_{ij}(k-1) = \sum_{i=1}^{k-1} [(\varepsilon_j \lg \varepsilon_j + (1 - \varepsilon_j) \lg (1 - \varepsilon_j))]. \quad (11)$$

Рассмотрим выражение

$$\tilde{H}(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) = \sum_{j=1}^{2^k} r_{ij}(k) \lg r_{ij}(k)$$

и представим его в виде

$$\sum_{j=1}^{2^k} r_{ij}(k) \lg r_{ij}(k) = \sum_{j=1}^{2^{k-1}} r_{ij}(k) \lg r_{ij}(k) + \sum_{m=1}^{2^{k-1}} r_{im}(k) \lg r_{im}(k). \quad (12)$$

Здесь индексы  $j$  и  $m$  пробегает значения по тем элементам  $r_{ij}(k)$  и  $r_{im}(k)$ , которые содержат множители вида  $(1 - \varepsilon_k)$  и  $\varepsilon_k$  соответственно.

Тогда

$$\begin{aligned} r_{ij}(k) &= (1 - \varepsilon_k) r_{ij}(k-1), \\ r_{im}(k) &= \varepsilon_k r_{im}(k-1). \end{aligned} \quad (13)$$

Учитывая формулы (13), мы будем иметь

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{2^k} r_{ij}(k) \lg r_{ij}(k) &= \sum_{j=1}^{2^{k-1}} (1 - \varepsilon_k) r_{ij}(k-1) [\lg r_{ij}(k-1) + \lg (1 - \varepsilon_k)] + \\ &+ \sum_{m=1}^{2^{k-1}} \varepsilon_k r_{im}(k-1) [\lg r_{im}(k-1) + \lg \varepsilon_k] = \\ &= (1 - \varepsilon_k) \sum_{j=1}^{2^{k-1}} r_{ij}(k-1) \lg r_{ij}(k-1) + (1 - \varepsilon_k) \lg (1 - \varepsilon_k) \sum_{j=1}^{2^{k-1}} r_{ij}(k-1) + \\ &+ \varepsilon_k \sum_{m=1}^{2^{k-1}} r_{im}(k-1) \lg r_{im}(k-1) + \varepsilon_k \lg \varepsilon_k \sum_{m=1}^{2^{k-1}} r_{im}(k-1). \end{aligned}$$

Приравняв во внимание выражения (9) и (11), получаем

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{2^k} r_{ij}(k) \lg r_{ij}(k) &= \sum_{j=1}^{2^{k-1}} r_{ij}(k-1) \lg r_{ij}(k-1) + \varepsilon_k \lg \varepsilon_k + \\ &+ (1 - \varepsilon_k) \lg (1 - \varepsilon_k) = \sum_{j=1}^k [\varepsilon_j \lg \varepsilon_j + (1 - \varepsilon_j) \lg (1 - \varepsilon_j)]. \end{aligned}$$



Таким образом, справедливость формулы (4) доказана. Если в формуле (4) положить  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_n = \varepsilon$ , то

$$\tilde{H}(\varepsilon) \equiv nH(\varepsilon).$$

В работе [2] нами было показано, что если числа  $\varepsilon$ ,  $\delta$  и  $T$  удовлетворяют неравенству

$$T\tilde{H}(\varepsilon) < H(\delta), \quad (14)$$

то уровень надежности функционирования автомата в течение  $T$  тактов будет не хуже  $\delta$ .

В рассматриваемом нами случае это неравенство примет вид

$$T\tilde{H}(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) < H(\delta). \quad (15)$$

Таким образом, если числа  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  удовлетворяют неравенству (15), то вероятность  $\delta$  ошибки автомата за фиксированное время  $T$  не будет превышать заданную величину.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт электроники, автоматике и  
телемеханики

(Поступило в редакцию 4.5.1965)

ავტომატიკა და ტელემეხანიკა

ბ. ცერცვაძე

სასრული ავტომატების ფუნქციონირების იმედოვნების  
ენტროპიული შეფასების შესახებ

რეზიუმე

სტატიაში შეისწავლება არასაიმედო ელემენტებისაგან აგებული სასრული ავტომატების ფუნქციონირების იმედოვნების განსაზღვრის საკითხი. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად არასაიმედო ელემენტებისაგან სინთეზირებულ სასრული ავტომატი განიხილება როგორც სტოქასტიკური ავტომატი. მიღებული შეფასება ცალკეული ელემენტების იმედოვნების დონებისათვის ემყარება უტოლობას, რასაც აკმაყოფილებს სტოქასტიკური ავტომატის ენტროპია.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Нейман. Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонентов. Сборник „Автоматы“, ИЛ, 1956.
2. Г. Н. Церцвадзе. Стохастические автоматы и задача построения надежных автоматов из ненадежных элементов. Автоматика и телемеханика, т. XXV, № 2, 1964.

Г. Ш. НАХУЦРИШВИЛИ

## К ЭКОЛОГИИ ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СУБАЛЬПИЙСКОГО ПОЯСА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 11.11.1965)

Для экологической характеристики того или иного типа растительности необходимо синтетическое изучение фитоценологических, морфологических, эколого-биологических, эколого-физиологических и ряда других особенностей как целых сообществ, так и отдельных растительных компонентов.

Мы постарались в настоящем сообщении дать сравнительную комплексную характеристику некоторых луговых растений и растительных сообществ субальпийского пояса Казбегского района (Центральный Кавказ) в пределах высот от 1800 до 2500 м н. у. м.

Для биоморфологических наблюдений были выделены 170 наиболее распространенных в этом поясе видов растений. Экспериментально-экологические исследования проводились на участках шести растительных ассоциаций. В настоящей статье мы рассматриваем лишь три такие ассоциации: 1) участок ассоциации *Agrostis capillaris* — *Mixtoherbosa*, расположенный на высоте 1800 м н. у. м., на ровной местности с щебневато-скелетной почвой; 2) участок ассоциации *Festuca varia* — *Mixtoherbosa*, приуроченный к склону западной экспозиции, с уклоном 25—30°, на высоте 1850 м н. у. м., с сильно задерненной почвой; 3) участок ассоциации *Festuca sulcata* — *Pulsatilla violacea*, представленный на юго-восточном сухом склоне, на высоте 1900 м н. у. м., с уклоном 25°, с почвой, сильно щебнистой, средне-здерненной.

Общая характеристика природных условий района исследования уже дана в нашей более пространной работе [1], поэтому здесь мы на ней не останавливаемся.

Субальпийская растительность изучаемого района развивается в весьма благоприятных климатических условиях. За вегетационный период (май-сентябрь) средняя дневная температура воздуха почти никогда не бывает ниже +5° и выше +28°. Относительная влажность воздуха, так же как и количество осадков, довольно высокая. Так, относительная влажность воздуха равна в среднем 65—70%, количество осадков 70—100 мм (май-сентябрь). Влажность почвы высокая — максимум 99%, минимум 12—25%.

При изучении некоторых морфологических особенностей 170 видов растений обнаружено, что по характеру роста стеблей [2] большинство





из них (77,6%) имеют прямостоячие, 16,5% — восходящие, 4,7% — ползучие и стелющиеся стебли, а 1,2% являются бесстебельными растениями. По высоте все растения распределяются следующим образом: 18,0% из них имеют высоту от 2 до 10 см, 27% — от 10 до 20 см, 35% — от 20 до 40 см и 20% — от 40 до 60—70 см. Как видим, большинство растений имеют прямостоячие стебли и высоту от 20 до 40 см и лишь меньшая часть их — ползучие, стелющиеся стебли и высоту от 2 до 10 см, что, как известно, характерно для альпийских и арктических растений.

По расположению листьев все эти растения можно сгруппировать следующим образом: первая группа — растения с листьями, располагающимися на стебле равномерно (37,6%); вторая — с листьями, располагающимися на стебле неравномерно (52,4%), и третья — с листьями, собранными в розетку (10%). При этом следует отметить, что почти все растения (за исключением *Leontodon hispidus*), относящиеся к третьей группе, цветут ранней весной, чем они отличаются от растений двух остальных групп.

Группировка растений по характеру опушения листьев обнаружила, что 61,2% из них имеют голые листья (в том числе: 14% — шершавые, 41% — нежные, 3,2% — морщинистые, 3% — жесткие листья); 28,1% — листья, опушенные с обеих сторон, 7% — листья, гладкие сверху и опушенные снизу, 3,0% — листья, опушенные только по краям пластинки, и 0,6% — листья, несущие шелковистое опушение с обеих сторон.

Таким образом, большинство субальпийских растений имеет листья, голые, неопушенные, нежные, свойственные мезоморфному типу строения [2].

По характеру листовой пластинки из 170 видов растений простые листья имеют 83% (из них: 50% — цельнокрайние, 7% — выемчатые, 8% — глубокорассеченные, 14% — зубчатые и 4% — свернутые). Сложные листья имеют лишь 17%. Следует отметить, что аналогичная закономерность в распределении растений по характеру опушения и листовой пластинки наблюдается и у растений Арктики [2].

При изучении корневой системы у 170 видов субальпийских растений обнаружено, что 17% из них относится к дерновинным, 48,7% — к корневищным, 27,8% — к стержнекорневым, 3,0% — к луковичным, 1,8% — к клубневым и 1,7% — к клубнелуковичным.

В результате изучения ритма развития растений субальпийского пояса мы пришли к заключению, что все они проходят полный цикл фаз до ухода под снег.

Растительность субальп в целом характеризуется большим разнообразием и большим количеством смены красочных аспектов [3].

Исследованные нами 170 видов растений по ритму цветения мы делим на следующие группы: 1) зацветающие ранней весной — со второй декады апреля — 20 видов (11,8%); 2) начинающие цвести весной — с первой декады мая — 14 видов (8,2%); 3) цветущие ранним летом — с первой декады июня — 56 видов (32,4%); 4) зацветающие в середине лета — с первой декады июля — 74 вида (44,1%) и 5) начинающие цвести поздним летом — с первой декады августа — 6 видов (3,5%).

Вегетация растений на высоте 1800 м н. у. м. начинается уже с конца марта, на высоте 2100—2200 м — с первой декады мая, а на высоте 2400—2500 м н. у. м. — со второй декады мая.

Субальпийским растениям свойственно продолжительное цветение, в этом отношении особенно выделяются *Ranunculus oreophilus*, *R. buhsei*, *Lotus caucasicus*, *Leontodon hispidus*, *Gentiana caucasica*, *Trifolium ambiguum*, фаза цветения которых продолжается 60—80, а иногда и 100 дней.

Следует отметить, что растительность субальпийского пояса продуцирует большое количество органической массы. Из трех рассматриваемых в данной статье ассоциаций максимальным накоплением надземной массы отличаются ассоциации *Festuca sulcata* — *Pulsatilla violacea*, дающая от 269 до 475 г, и *Festuca varia* — *Mixtoherbosa*, продуцирующая 275—337 г воздушно-сухой массы на м<sup>2</sup>. Относительно меньше — 161—379 г воздушно-сухой массы на м<sup>2</sup> накапливает ассоциация *Agrostis capillaris* — *Mixtoherbosa* (табл. 1).

Таблица 1

Динамика надземной воздушно-сухой биомассы (г/м<sup>2</sup>) в 1964 г.

Название ассоциации	Дата	Вес массы	Дата	Вес массы	Дата	Вес массы	Дата	Вес массы
<i>Festuca varia</i> — <i>Mixtoherbosa</i>	18.VI	275	4.VII	307	25.VII	299	24.VIII	338
<i>Agrostis capillaris</i> — <i>Mixtoherbosa</i>	15.VI	161	2.VII	250	24.VII	306	23.VIII	379
<i>Festuca sulcata</i> — <i>Pulsatilla violacea</i>	19.VI	297	12.VII	270	1.VIII	475	26.VIII	306

В накоплении подземной массы у названных ассоциаций наблюдается несколько иная картина. Максимальным накоплением подземной растительной массы отличается плотнoderновая ассоциация *Festuca varia* — *Mixtoherbosa*. Сравнительно меньшую подземную массу дает ассоциация *Festuca sulcata* — *Pulsatilla violacea* и наименьшую — слабо задерненная ассоциация *Agrostis capillaris* — *Mixtoherbosa* (табл. 2).

При этом максимальное накопление подземной массы отмечено в первых двух горизонтах почвы (0—5 и 5—10 см).

Большое флористическое богатство субальпийского пояса сказывается и на разнообразии в проявлении некоторых физиологических процессов у растений. В субальпах нами обнаружены растения с очень высокими и с довольно низкими показателями транспирации. Так, например, высокой интенсивностью транспирации отличаются *Agrostis capillaris* (от 0,60 до 5,0 г на г сырого веса в час), *Zerna variegata* (0,96—5,0), *Alchimilla sericata* (0,28—5,46), *Polygonum carneum*



(0,75 — 4,00). Средней интенсивностью транспирации и колебаниями характеризуются *Betonica grandiflora* (0,30—2,50), *Lotus caucasicus* (0,59—3,00), *Pulsatilla violacea* (0,25 — 2,0), *Leontodon hispidus* (0,22 — 2,31). И наконец, наименьшую интенсивность транспирации показали *Festuca sulcata* (0,34 — 1,34), *Plantago caucasica* (0,11 — 1,52), *Carex buschiorum* (0,40—1,57), *Campanula belidifolia* (0,31—1,45), *Festuca varia* (0,18—2,0).

Таблица 2

Накопление подземной растительной массы в различных ассоциациях (г/м<sup>2</sup>)

Название ассоциации	Дата	Г л у б и н а, см							
		0—5		5—10		10—15		15—20	
		К о р н и с д и а м е т р о м							
		до 1 мм	свыше 1 мм	до 1 мм	свыше 1 мм	до 1 мм	свыше 1 мм	до 1 мм	свыше 1 мм
<i>Festuca varia</i> — <i>Mixtoherbosa</i>	24.VIII	1549,5	1263,0	386,8	152,5	210,0	111,8	181,5	71,5
<i>F. sulcata</i> — <i>Pulsatilla violacea</i>	26.VIII	1222,5	855,5	389,8	166,8	273,0	115,8	187,0	68,8
<i>Agrostis capillaris</i> — <i>Mixtoherbosa</i>	23.VIII	685,0	512,5	196,0	53,75	155,0	38,25	89,75	22,75

В результате изучения эвапотранспирации у трех названных растительных ассоциаций выяснилось, что для субальпийской растительности характерны высокие показатели расхода воды. Как показывают данные табл. 3, самая высокая эвапотранспирация и самые большие ее колебания отмечены у ассоциации *Festucetum Mixtoherbosum* (сильно увлажненное местообитание), а самые низкие — у ассоциации *Festucetum pulsatilosum*, представленной на юго-восточном сравнительно сухом склоне (табл. 3).

Таблица 3

Эвапотранспирация различных растительных ассоциаций

Название ассоциаций	Эвапотранспирация, г/м <sup>2</sup> в час	
	от	до
<i>Festuca varia</i> — <i>Mixtoherbosa</i>	60	850
<i>Festuca sulcata</i> — <i>Pulsatilla violacea</i>	140	580
<i>Agrostis capillaris</i> — <i>Mixtoherbosa</i>	165	750

Фотосинтез у растений трех упомянутых ассоциаций субальпийского пояса, так же как и транспирация, характеризуется совершенно различными показателями и колебаниями. Высокой интенсивностью и большими колебаниями фотосинтеза отличаются *Agrostis capillaris* (от 3,0 до 30,0 мг CO<sub>2</sub> г в час), *Zerna variegata* (от 4,0 до 29,0), *Betonica*

*grandiflora* (от 4,0 до 33,0), *Leontodon hispidus* (от 4,0 до 37,0), *Polygonum carneum* (от 5,0 до 40,0), *Alchimilla sericata* (от 4,0 до 17,0). Наименьшая интенсивность колебания фотосинтеза свойственна *F. varia* (4,0—10,0), *Pulsatilla violacea* (6,0—10,0), *Carex buschiorum* (4,0—10,0), *Festuca sulcata* (3,0—8,0).

Следует отметить, что высокая интенсивность транспирации коррелирует с высокой интенсивностью фотосинтеза, что хорошо видно из данных табл. 4.

Таблица 4  
Колебание интенсивности транспирации и фотосинтеза у растений в различных ассоциациях

Название ассоциации и растений	Транспирация, г/г		Фотосинтез, мг CO <sub>2</sub> г в час	
	от	до	от	до
<i>Agrostis capillaris</i> — <i>Mixtoherbosa</i>				
<i>Arg. capillaris</i>	0,60	5,0	3,0	30,0
<i>Zerna variegata</i>	0,96	5,0	4,0	29,0
<i>Lotus caucasicus</i>	0,59	3,00	—	—
<i>Alchimilla sericata</i>	0,28	5,46	4,0	17,0
<i>Festuca varia</i> — <i>Mixtoherbosa</i>				
<i>F. varia</i>	0,18	2,10	4,0	10,0
<i>Polygonum carneum</i>	0,75	4,00	5,0	40,0
<i>Betonica grandiflora</i>	0,30	2,50	4,0	33,0
<i>Festuca sulcata</i> — <i>Pulsatilla violacea</i>				
<i>F. sulcata</i>	0,34	1,34	3,0	8,0
<i>Pulsatilla violacea</i>	0,25	2,01	6,0	10,0
<i>Plantago caucasica</i>	0,11	1,52	—	—
<i>Leontodon hispidus</i>	0,22	2,31	4,0	37,0

Таким образом, оптимальные климатические условия (сбилье осадков, оптимум температуры воздуха и солнечной радиации, мощный снежный покров) в субальпийском поясе способствуют развитию и поселению растений совершенно различной биоморфологии и экологии.

Однако можно ли все, даже широко распространенные здесь, растения считать аборигенами субальпийского пояса?

Накопленные нами материалы наблюдений и анализов позволяют ответить на этот вопрос отрицательно. Так, по нашему мнению, нельзя считать *Festuca varia*, *F. sulcata*, *Nardus stricta*, *Carex buschiorum*, *Cobresia*, *Plantago caucasica* субальпийцами.

Все названные растения, конечно, совершенно разного происхождения и, вероятно, разных геологических периодов, но в субальпах, как в самом оптимальном в климатическом отношении поясе,



они находят себе убежище, развиваются и чувствуют себя не хуже, чем такие настоящие субальпийские растения, как *Agrostis capillaris*, *Zerna variegata*, *Polygonum carneum*, *Betonica grandiflora*, *Inula glandulosa*, *Scabiosa caucasica* и др.

Нельзя не заметить, что растения, которые мы не считаем аборигенами субальпийского пояса, имеют такие конституционные приспособления, как плотный дерн, узкая (свернутая) листовая пластинка, одревесненная и мощная стержнекорневая система, стелющаяся форма роста, низкая интенсивность транспирации и фотосинтеза.

Конечно, все эти типы приспособлений не соответствуют благоприятному климату субальпы, в условиях которых они в настоящее время произрастают. Кроме того, слабая реакция физиологических процессов (транспирация, фотосинтез) на влияние внешних экологических факторов [1] явно свидетельствует о неаборигенности этих растений.

Жизненные формы типичного субальпийского растения характеризуются прямостоячим стеблем с голыми листьями. Это в основном корневищные, рыхлокустовые или сравнительно редко стержнекорневые (но не мощные и одревесненные) растения.

Кроме того, транспирация, эвапотранспирация, фотосинтез и содержание воды у типичных субальпийских растений и растительности отличаются высокими и средними показателями.

Академия наук Грузинской ССР

Институт ботаники

(Поступило в редакцию 11.11.1965)

ბოტანიკა

ბ. ნახუცრიშვილი

ცენტრალურ კავკასიონის სუბალპური სარტყლის მდელოს მცენარეულობის ეკოლოგიური შესწავლისათვის

რეზიუმე

ყაზბეგის მიდამოებში შესწავლებოდა სუბალპური სარტყლის მცენარეულობისა და მისი კომპონენტების ზოგიერთი ბიოლოგიური, მორფოლოგიური და ეკოლოგ-ფიზიოლოგიური თავისებურება.

დადგენილია, რომ სუბალპურ სარტყელში გავრცელებულია სხვადასხვა მორფოლოგიური აგებულებისა და განსხვავებული ფიზიოლოგიური რიტმის მცენარეები. აღწერილია ტიპობრივი სუბალპური მდელოს მცენარის სასიცოცხლო ფორმები.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Ш. Нахуцришвили. О некоторых результатах эколого-физиологических исследований травянистой растительности субальпийского пояса Центрального Кавказа. Труды Тбилисского ботан. ин-та. серия Биоэкология фитоценозов, 1965.
2. Б. А. Тихомиров. Очерки по биологии растений Арктики. М. — Л., 1963.
3. Г. Ш. Нахуцришвили, М. П. Лордкипанидзе. К изучению аспектиности высокогорных лугов окр. Казбеги. Труды Тбилисского ботан. ин-та, т. XXIII, 1964.

Р. И. ЗЕРЕКИДZE, И. Е. СИЛЕНКО  
О РАСПРОСТРАНЕННОСТИ РЖАВЧИНЫ КУКУРУЗЫ  
В ГРУЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Л. Декапрелевичем 20.5.1965)

Ржавчина кукурузы широко распространена в Америке, Африке, Азии, Австралии и Европе. Известна она и на территории СССР. Однако сведения об этой болезни довольно ограничены. В частности, в нашей стране многие авторы относят ее к редко встречающемуся заболеванию, не влияющему существенно на урожай. Это было верно в прошлом, когда площади, занимаемые под кукурузу, были небольшими. В настоящее время кукуруза выращивается на значительно больших площадях и ареал распространения ржавчины на этой культуре тоже расширился.

В работах Н. Н. Кулешова [1], Л. Л. Декапрелевича [2] и других авторов указывается, что кукуруза была завезена в Европу из Америки. На территории нашей страны она впервые стала возделываться в Грузии в начале XVII в. и несколько позже в других районах Закавказья. Другим очагом возделывания кукурузы была Молдавия и Закарпатская Украина, откуда она распространилась по территории Украины и других прилегающих республик.

По вопросу проникновения ржавчины кукурузы на территорию нашей страны В. И. Ульяновцев [3] высказывает предположение, что она была завезена вместе с кукурузой. Это подтверждается совпадением первых ареалов распространения кукурузы с ареалами первого обнаружения болезни.

Из трех известных видов ржавчины, паразитирующих на кукурузе в Грузии, а также в других республиках СССР, найден только один вид *Puccinia sorghi* Schw. — возбудитель обыкновенной ржавчины. Ареал распространения этого вида ржавчины ограничен странами умеренного климата. Остальные два вида (южная *Puccinia polysora* Underw. и тропическая *Angiospora zaeae* Mains.) встречаются в странах с значительно более высокой влажностью и температурой.

Первые сведения о нахождении ржавчины в пределах нашей страны относятся к 1909 г. По сообщению А. А. Ячевского [4], ржавчина была обнаружена на посевах кукурузы в бывшей Тифлисской губернии, а в следующем году она распространилась в бывшей Кутанской губернии. В 1912 г. ржавчина наблюдалась на побережье Кавказа от Сочи до Адлера. По данным Г. Неводовского [5], ржавчина на посевах кукурузы в 1912 г. была распространена на значительной территории Черноморского побережья между Кобулет и Батуми. Значительное развитие ржавчины в 1914 г. наблюдал В. Семашко [6] на посевах кукурузы в бывшей Сухумской округе вблизи Цихис-Дзирн. О встречаемости ржавчины на территории Грузии в последние годы указывается в работах [7—9].



О нахождении ржавчины кукурузы в других районах страны за указанные выше годы сведений не имеется. Вероятно, распространение этого заболевания в то время ограничивалось только Грузией.

Позднее А. И. Борггардт [10] отметил, что распространение ржавчины в степных районах УССР ограничивается недостатком осадков в этих районах и что не исключена возможность наличия ржавчины в лесостепи. Это предположение нашло подтверждение в последующем. Ф. Е. Немлиенко [11], И. В. Бобовик [12], Е. В. Чемоданова и С. А. Узлова [13] выявили ржавчину на кукурузе в Закарпатской, западных и некоторых степных областях Украины. По данным Е. Г. Гулецкой [14], ржавчина кукурузы распространена повсеместно в Белоруссии, а по данным Г. В. Макашиной [15], эта болезнь была зарегистрирована в Калининградской области.

Наши данные показали, что в условиях Грузинской ССР ржавчина распространена в следующих местностях: в Восточной Грузии — Рустави, Тбилиси, Мцхета, Каспи, Гори, Цхинвали, Хашури; в Западной Грузии — Зестафони, Кутаиси, Зугдиди, Цхалтубе, Махарадзе, Цхакая, Гали, Самтредиа и в районах, прилегающих к побережью Черного моря, — Сухуми, Поти, Кобулету, Батуми.

По данным наших учетов, поражаемость ржавчиной посевов кукурузы по годам в Восточной и Западной Грузии достигала значительных размеров.

Наименование зон	% пораженности по годам					Среднее за 5 лет
	1960	1961	1962	1963	1964	
Восточная Грузия	32,7	24,1	18,7	15,8	34,9	25,2
Западная Грузия	18,4	8,1	29,7	3,5	25,0	16,9

Из данных таблицы видно, что в указанных зонах ржавчина на кукурузе проявляется ежегодно. Однако пораженность в Западной Грузии значительно меньше, чем в Восточной. Возможно, это следует объяснить тем, что в Западной Грузии очень часто летом выпадают ливневые дожди, которые увлекают находящиеся в воздухе споры в почву, где они вскоре погибают.

Нами не отмечено ржавчины в районах Восточной Грузии, расположенных выше 1500 м н. у. м. Это мы объясняем тем, что зимой в данных районах часто бывают низкие температуры которые, по нашим данным, могут отрицательно сказываться на перезимовке уредоспоровой стадии гриба. По многим данным отечественной и зарубежной литературы, уредоспоровая стадия является главным источником возобновления болезни в следующем году. В отношении Кахети имеется и другая причина, препятствующая развитию ржавчины. Это отсутствие растения вида кисличек из рода *Oxalis*, которое является промежуточным в цикле развития этого вида гриба.

Приведенные результаты по распространенности ржавчины позволяют говорить о наличии на территории СССР двух старых очагов ржавчины кукурузы. Первый, более ранний — Грузинская ССР, в особенности районы, прилегающие к Черноморскому побережью, откуда

რжавчина распространилась по остальной территории Грузии, по территории Азербайджана, Северной Осетии и прилегающих к Грузинским районам Краснодарского и Ставропольского краев. Ко второму очагу следует отнести западные области Украины, откуда ржавчина распространилась в лесостепные и степные области Украины, Белоруссии и центрально-черноземные области РСФСР.

Данные указывают о значительном расширении ареала распространения ржавчины на территории СССР за последние 40 лет, что говорит о возможности дальнейшего охвата этой болезнью территорий, расположенных по соседству с теми, где болезнь уже обнаружена. Способствовать этому может не только расширение площадей посева кукурузы, но и эволюционное приспособление возбудителя болезни к новым экологическим условиям. Подтверждением последнего является тот факт, что в засушливой степной зоне УССР, экологически мало благоприятной для развития ржавчины кукурузы, эта болезнь, впервые обнаруженная 10 лет назад, в настоящее время проявляется почти ежегодно, правда, в небольших размерах.

Грузинская селекционно-опытная станция  
Всесоюзного научно-исследовательского  
института кукурузы ВАСХНИЛ  
Натахтари

(Поступило в редакцию 22.6.1965)

მეცნიერებათა

რ. ზირაძემ, ი. სიღინდის

სიმინდის ჟანგას ბავრცელების შესახებ საქართველოში

რეზიუმე

სიმინდის ჟანგა ფართოდაა გავრცელებული ამერიკაში, აფრიკაში, აზიაში, ავსტრალიასა და ევროპაში. იგი ცნობილია, აგრეთვე, სსრ კავშირშიც, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ცნობები ამ ავადმყოფობის შესახებ ძალზე მცირეა.

ჩვენს ქვეყანაში სიმინდის ჟანგა შემოტანილ იქნა სიმინდთან ერთად [3]. ეს მტკიცდება სიმინდის პირველი გავრცელების არელების დამთხვევით ავადმყოფობის პირველი შემჩნევის არელებთან.

სიმინდის ჟანგას ცნობილი სამი სახეობიდან, საქართველოსა და სსრ კავშირის სხვა რესპუბლიკებში აღნიშნულია მხოლოდ ერთი სახეობა — *Puccinia sorghi* Schw.— ჩვეულებრივი ჟანგას გამომწვევი. ჟანგას ამ სახეობის გავრცელების არეალი განისაზღვრება ზომიერი კლიმატის მხარეებით. დანარჩენი ორი სახეობა: სამხრეთული — *Puccinia polysora* Underw. და ტროპიკული — *Angiospora zae* Mains. გვხვდება უფრო მაღალი ტემპერატურისა და ტენიანობის მხარეებში.

საქართველოში ჟანგას გავრცელების პირველი ცნობები არსებობს 1909 წლიდან. პირველად ჟანგა შემჩნეულ იქნა ყოფილ თბილისის მაზრაში, ხოლო შემდგომ წელს ის გავრცელდა ყოფილ ქუთაისის მაზრაში [4]. სიმინდის ჟანგას პირველ გავრცელებას საქართველოში აღნიშნავენ, აგრეთვე, სხვა მკვლევარებიც [5,6].

ჩვენმა დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ სიმინდის ჟანგა მნიშვნელოვნად გავრცელებულია როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოს მეტწილ რაიონებში, სადაც ამ ავადმყოფობით სიმინდის ნათესების დაავადებამ უკანასკნელ წლებში საგრძნობ ოდენობას მიაღწია.





სსრ კავშირის ტერიტორიაზე სიმინდის ჟანგას განვითარების ორი ფეხი კერა არსებობს: პირველი — უფრო ადრინდელი — საქართველოს სსრ და მეორე — უკრაინის დასავლეთი ოლქები, საიდანაც ავადმყოფობა გავრცელდა ჩვენი ქვეყნის სხვა ადგილებში.

მონაცემები ადასტურებენ, რომ უკანასკნელი 40 წლის განმავლობაში სსრ კავშირის ტერიტორიაზე ჟანგას გავრცელების არეალი გაფართოვდა. ეს ფაქტი მიუთითებს, რომ შესაძლებელია ეს ავადმყოფობა გავრცელდეს იმ ახალ ტერიტორიებზე, რომლებიც განლაგებულია იმ ადგილების მეზობლად, სადაც უკვე არსებობს აღნიშნული ავადმყოფობა. ამ მდგომარეობას შეიძლება ხელი შეუწყოს სიმინდის ფართობების გადიდება და ავადმყოფობის გამომწვევის ახალ ეკოლოგიურ პირობებთან ევოლუციურმა შეგუებამ. ამას ადასტურებს ის ფაქტი, რომ უკრაინის სსრ ველის მშრალ ზონაში, რომელიც ეკოლოგიურად ნაკლებ ხელსაყრელია სიმინდის ჟანგას განვითარებისათვის, ეს ავადმყოფობა (პირველად 10 წლ. წინათ შემჩნეული) თანამედროვე პირობებში ყოველწლიურად კლინდება.

#### შემაჯავრობელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Кулешов. Народногосподарське значення кукурудзи. Київ, 1958.
2. Л. А. Декапрелевич. Из истории распространения кукурузы в Грузии и в соседние с нею странах. Труды Грузинского с.-х. института, Тбилиси, 1958.
3. В. И. Улянищев. Микофлора Азербайджана, т. III. Ржавчинные грибы, ч. 1, Баку, 1960.
4. А. А. Ячевский. Ежегодия сведений о болезнях и повреждениях. СПб., вып. V, 1910 и вып. VI, 1912.
5. Г. Неволовский. Грибные вредители культурных и дикорастущих полезных растений Кавказа. Тифлис, 1913.
6. В. Семашко. Материалы к микологической флоре Сухумского округа. Труды Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции, вып. II, 1913.
7. ლ. ყანჩაველი. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ავადმყოფობანი და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებანი. ნაწ. 1, თბილისი, 1942.
8. И. И. Шошиашвили, Н. С. Киримелашвили. Материалы к изучению болезней кукурузы в Грузии. Труды Ин-та защиты растений Академии с.-х. наук Грузинской ССР, т. XIV, Тбилиси, 1961.
9. В. О. Вардосанидзе, С. П. Гврितिшвили. Материалы к изучению болезней кукурузы в условиях Грузии. Труды Грузинского сельскохозяйственного ин-та, XLIX, Тбилиси, 1958.
10. А. И. Борггардт. Современное состояние вопросов в области познания болезней кукурузы. Харьков, 1932.
11. Ф. Е. Немлиенко. Болезни кукурузы. М., 1957.
12. И. В. Боговик. Поздние сроки посева — причина сильного поражения кукурузы болезнями. Кукуруза, № 2, 1960.
13. Е. В. Чемоданова, С. В. Узлова. Ржавчина кукурузы. Защита растений от вредителей и болезней, № 3, 1958.
14. Е. Г. Гулецкая. Главнейшие болезни кукурузы в условиях БССР. Болезни сельскохозяйственных культур БССР, под ред. В. А. Дорожкина, Минск, 1958.
15. Г. В. Макашина. Ржавчина кукурузы в Калининградской области. Защита растений от вредителей и болезней, № 12, 1964.

Л. А. ГОЦИРИДZE

## ОСОБЕННОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАМБИА СОСНЫ КРЮЧКОВОЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ ГРУЗИИ

(Представлено академиком В. З. Гулисашвили 26.4.1965)

На современном этапе развития культуры и техники нет почти ни одной отрасли народного хозяйства, в которой в большем или меньшем количестве не использовалась бы продукция лесного хозяйства и лесной промышленности — древесина. В социалистическом народном хозяйстве особенно большим применением пользуется древесина сосны, ели и пихты. Поэтому определенное теоретическое и практическое значение имеет исследование особенностей формирования годичных колец древесины, ее структуры, а также формирование технических свойств древесины сосны крючковой в различных условиях произрастания горных лесов.

В. З. Гулисашвили [1] отмечает, что вместе с увеличением высоты н. у. м. в горных местностях меняются климат, почва и растительность. На каждые 100 м увеличения высоты н. у. м. температура воздуха снижается на  $0,5^{\circ}$ , а вместе с этим меняется и продолжительность вегетационного периода.

Как указывает А. Фан [2], в горных странах изменение климатических факторов в связи с увеличением высоты н. у. м. оказывает большое влияние на рост и развитие древесного растения, деятельности камбия и формирования годичных колец древесины.

В условиях Кавказа влияние высоты н. у. м. и экспозиций на деятельность камбия древесных растений еще не достаточно широко освещена в ботанической литературе.

Влияние высоты н. у. м. на особенности деятельности камбия листовых пород (дуба, бука, тополя, липы, каштана, березы и др.) изучено Э. Д. Лобжанидзе [3—5] в условиях Лагодехского государственного заповедника, хотя его исследования не увязаны с экспозициями и возрастными деревьями и не касаются хвойных пород.

Целью нашего труда является установление особенностей деятельности камбия хвойных пород, в частности азональной породы — сосны, в связи с классами возраста деревьев и экспозициями.

### Объекты исследования и методика работ

Для разработки темы нами был избран район Боржоми—Бакуриани. В этом районе сосна крючковая произрастает почти на всех высотах н. у. м. и экспозициях. Вместе с тем, наличие метеорологических



станций на различных высотах н. у. м. дало нам возможность увязать особенности образования древесины сосны с метеорологическими факторами, в частности с температурой и количеством осадков.

Материалы исследования нами собраны в трех зонах на различных высотах н. у. м.: в Боржоми—на высоте 960 м, Либани — 1400 м, Бакуриани — 1800 м. Указанные объекты по своему климату резко отличаются друг от друга.

Известно, что время наступления всех фаз вегетации деревьев и кустарников зависит не только от климатических факторов, но и от возраста растений, экспозиции, характера и свойств почвы, условий освещения и т. д. Поэтому материал для анализа мы брали в сосняках как на южных, так и на северных экспозициях.

Модельные деревья по возрасту мы разделили на три группы: 1) молодые со средним возрастом 40 лет, 2) средневозрастные — 80 лет и 3) спелые — 120 лет. Пробные площади на всех шести объектах были подобраны по возможности с одинаковыми средними показателями полноты, крутизны и таксационных элементов. Для исследования на каждом объекте было отобрано по три дерева одного и того же возраста. Всего было взято 54 модельных дерева. В течение всего вегетационного периода—с начала апреля по конец октября—мы брали для исследования образцы модельных деревьев на высоте груди (1,3 м) из направленных к югу частей стволов с помощью специального инструмента. Из каждого взятого образца мы изготовляли постоянные микропрепараты. Величину наращивания новых клеток в древесине мы измеряли окуляр-микрометром с точностью до 0,01 мм. Одревеснение оболочек вновь сформированных трахеид определялось путем окрашивания срезов сафранином. При изготовлении и анализе микропрепаратов древесины мы руководствовались методическими указаниями, данными А. А. Яценко-Хмелевским [6].

Ввиду того что деятельность камбия находится в тесной связи с распусканием почек и их ростом, на всех шести объектах систематически велись наблюдения над началом распускания почек и развитием хвоя изучаемой породы.

Таблица 1

Деятельность камбия сосны крючковатой на высоте 960 м н. у. м.

Объект	Экспозиция	Вегетационный период	Средний возраст в годах	Диаметр в см	Высота в м	Начало распускания почек	Начало деятельности камбия	К-во дней от начала распускания почек до начала деятельности камбия	Начало формирования поздней древесины	Конец деятельности камбия	Продолжительность деятельности камбия	Ширина слоя (в мм), сформированного за вегетационный период 1961 г.
Боржоми	северная	40	18	15	2/V	8/V	6	10/VII	28/VIII	112	1,60	
		80	30	21	14/V	17/V	3	17/VII	2/IX	108	1,20	
		120	42	25	16/V	19/V	3	20/VII	4/IX	108	0,90	
	южная	40	16	13	25/IV	30/IV	5	15/VII	2/IX	126	1,00	
		80	28	18	6/V	8/V	2	22/VII	5/IX	120	1,00	
		120	34	21	6/V	8/V	2	25/VII	6/IX	121	0,70	

Данные об особенностях деятельности камбия сосны за вегетационный период 1961 г. на южных и северных экспозициях в Боржоме (960 м), Либани (1400 м) и Бакуриани (1800 м) приведены в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 2  
Деятельность камбия сосны крючковой на высоте 1400 м н. у. м.

Объект	Экспозиция	Вегетационный период	Средний возраст в годах	Диаметр в см	Высота в м	Начало распускания почек	Начало деятельности камбия	К-во дней от начала распускания почек до начала деятельности камбия	Начало формирования поздней древесины	Конец деятельности камбия	Продолжительность деятельности камбия	Ширина слоя (в мм), сформированного за вегетационный период 1961 г.
Либани	северная	1961 г.	40	14	15	10/V	17/V	7	15/VII	5/IX	112	1,30
			80	32	27	16/V	21/V	5	10/VII	6/IX	109	1,28
			120	36	28	19/V	24/V	5	12/VII	5/IX	105	1,00
	южная	1961 г.	40	14	14	8/V	14/V	6	14/VII	8/IX	118	1,40
			80	34	26	12/V	16/V	4	10/VII	4/IX	112	1,18
			120	38	29	13/V	17/V	4	10/VII	7/IX	114	0,75

Таблица 3  
Деятельность камбия сосны крючковой на высоте 1800 м н. у. м.

Объект	Экспозиция	Вегетационный период	Средний возраст в годах	Диаметр в см	Высота в м	Начало распускания почек	Начало деятельности камбия	К-во дней от начала распускания почек до начала деятельности камбия	Начало формирования древесины	Конец деятельности камбия	Продолжительность камбия	Ширина слоя (в мм), сформированного за вегетационный период 1961 г.
Бакуриани	северная	1961 г.	40	16	13	14/V	20/V	6	1/VIII	25/IX	128	1,62
			80	36	27	22/V	26/V	4	1/VIII	27/IX	124	1,44
			120	46	30	25/V	28/V	3	28/VII	1/X	126	1,13
	южная	1961 г.	40	18	14	14/V	18/V	4	1/VIII	23/IX	128	1,52
			80	34	22	16/V	19/V	3	27/VII	20/IX	124	1,40
			120	46	24	24/V	27/V	3	30/VII	25/IX	121	1,28

Как видно из приведенных таблиц, на высоте 960 м н. у. м. деятельность камбия сосны начинается в первой половине мая, когда средняя температура воздуха равна плюс 14—16°. Считаем необходимым отметить, что на южных экспозициях как раскрытие почек, так и появление новой хвои и деятельность камбия начинаются на 10—12 дней раньше, чем в таких же условиях на северных экспозициях. Деятельность камбия и формирование ранних трахеид на обеих экспозициях длится до первых чисел июля. После этого в течение 2—3 недель об-



разуется переходящая зона из ранней древесины в позднюю. С третьей же декады июля образуется типичная поздняя древесина с тангетально-удлиненными трахеидами. Деятельность камбия заканчивается на обеих экспозициях почти одновременно — в конце августа и в первых числах сентября.

На высоте 1400 м н. у. м. как появление новой массы хвой, так и деятельность камбия начинаются на 5—10 дней позже, чем на высоте 960 м н. у. м., что, без сомнения, вызывается более низкой температурой. Процесс образования поздней древесины на обеих экспозициях начинается в средних числах июля. Деятельность камбия и образование поздней древесины заканчиваются в среднем на 2—5 дней позже (в первой декаде сентября), чем на высоте 960 м н. у. м.

На высоте 1800 м н. у. м. деятельность камбия сосны у деревьев всех трех возрастов начинается в среднем к концу мая. Необходимо отметить, что раскрытие почек и реактивация камбия в условиях Бакуриани (1800 м н. у. м.), так же как и в Боржоми (960 м), начались при средней температуре воздуха плюс 14—15°.

Таким образом, вегетация сосны в Бакуриани, по сравнению с Боржоми, началась на 2 недели позже. Образование поздней древесины началось в конце июля — в первых числах августа, а деятельность камбия закончилась в третьей декаде сентября, т. е. почти на 1 месяц позже, чем в нижней зоне. Более раннее окончание деятельности камбия в нижней зоне можно приписать малому количеству осадков (16 мм), но температура в этом периоде была благоприятная (15°) для деятельности камбия. В верхней зоне, наоборот, хотя количество осадков к концу вегетации и было достаточно (96 мм), по нашему мнению, деятельность камбия была приостановлена низкой температурой (+6,7°).

Следовательно, в нижней зоне деятельность камбия сосны начинается и кончается раньше, чем в верхней зоне. С увеличением высоты н. у. м. деятельность камбия запаздывает и ее периоды перемещаются в конце года. Однако длительность деятельности камбия во всех зонах почти одинакова. Аналогичные факты отмечены Э. Д. Лобжанидзе [3] для лиственных пород.

Реактивация камбия сосны на южных экспозициях всегда начинается раньше, чем на северных, поэтому при условии наличия достаточного количества осадков продолжительность деятельности камбия в нижней зоне на южных экспозициях дольше, чем на северных.

Реактивация камбия у молодых экземпляров сосны начинается раньше, характеризуется длительностью и большим приростом годовых колец древесины, чем у взрослых деревьев.

Несмотря на более длительную продолжительность деятельности камбия на южных экспозициях, ширина годовых колец древесины и количество поздней древесины на северных экспозициях больше, чем на южных, что объясняется различием во влажности почвы.

В нижней зоне чувствуется резкое влияние экспозиции на деятельность камбия сосны. С увеличением высоты это влияние снижается.

Таким образом, в горных условиях на деятельность вторичной эмбриональной ткани — камбия и на формирование годичных колец древесины большое влияние оказывают внешние условия местопроизрастания, в частности высота н. у. м. и экспозиция.

Боржомский государственный заповедник

(Поступило в редакцию 26.4.1965)

მეცნიერება

ლ. ზოციანიძე

კაუჭა ფიჭვის კამბიუმის მოქმედების თავისებურებანი  
 სპარტელის მთიან პირობებში

რ ე ზ ი უ მ ე

ჩვენი მიზანი იყო დავედგინა ფიჭვის კამბიუმის მოქმედების თავისებურებანი ზ. დ. სვადასხვა სიმაღლეზე ხის ხნოვანების კლასებთან და ექსპოზიციებთან დაკავშირებით. აღნიშნულ საკითხს ვიკვლევდით ბორჯომ-ბაკურიანის რაიონში ზ. დ. 960, 1400 და 1800 მ სიმაღლეზე, სამხრეთ და ჩრდილოეთ ექსპოზიციებზე ახალგაზრდა (40 წ.), შუახნის (80 წ.) და მწიფე (120 წ.) ფიჭვნარებში. ფიჭვის მერქნის წლიური რგოლების ჩამოყალიბება შესწავლილია მიკროსკოპიულად.

კვლევებით დადგენილია, რომ დაბალ ზონაში ფიჭვის კამბიუმის მოქმედება იწყება და მთავრდება ადრე, ვიდრე მაღალ ზონაში, ზ. დ. სიმაღლის ზრდასთან ერთად კამბიუმის მოქმედება აგვიანებს და მისი პერიოდები გადაიწვეს ვეგეტაციის ბოლოს. კამბიუმის მოქმედების ხანგრძლივობა კი ყველა ზონაში თითქმის თანაბარი რჩება. იგივე ფაქტი აღნიშნა ე. ლობჯანიძემ [3, 4, 5] ფოთლოვანი ჯიშებისათვის.

ფიჭვის კამბიუმის რეაქტივაცია სამხრეთ ექსპოზიციებზე ყოველთვის ადრე იწყება, ვიდრე ჩრდილოეთ ექსპოზიციებზე, რის გამოც საკმაო ნაღვეების არსებობის პირობებში კამბიუმის მოქმედების ხანგრძლივობა დაბალ ზონაში სამხრეთ ექსპოზიციებზე მეტია, ვიდრე ჩრდილოეთ ექსპოზიციებზე.

კამბიუმის რეაქტივაცია ფიჭვის ახალგაზრდა ეგზემლარებში უფრო ადრე იწყება, ვიდრე ხნეირ ხეებში. ამიტომ ახალგაზრდა ხეების კამბიუმის მოქმედების ხანგრძლივობა და მერქნის შემატება ყოველთვის აღემატება ხნეირი ხეების კამბიუმის მოქმედების ხანგრძლივობასა და წლიურ წამატებას.

კამბიუმის მოქმედების ხანგრძლივობის მიუხედავად, ფიჭვის მერქნის წლიური რგოლების სიგანე და გვიანა მერქნის პროცენტული რაოდენობა ჩრდილოეთ ექსპოზიციებზე მეტია, ვიდრე სამხრეთზე, რაც ნიადაგის ტენიანობის სხვაობით აიხსნება.

დაბალ ზონაში მკვეთრად იგრძნობა ექსპოზიციების გავლენა ფიჭვის კამბიუმის მოქმედებაზე ზ. დ. სიმაღლის ზრდასთან ერთად ეს გავლენა მცირდება. ამრიგად, მთიან პირობებში ფიჭვის კამბიუმის მოქმედებაზე და მერქნის წლიური რგოლების ჩამოყალიბებაზე დიდ გავლენას ახდენს ადგილსამყოფელის პირობები, კერძოდ, სიმაღლე ზღვის დონიდან და ექსპოზიციები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. З. Гулисашвили. Горное лесоводство. Гослесбумиздат, М.—Л., 1956.
2. A. Fahn. The development of the growth ring in wood of *Quercus infectoria* and *Pistacia lentescus* in the hill region of Israel. Tropical wood, № 101, 1955.
3. Э. Д. Лобжанидзе. Влияние вертикальной зональности на деятельность камбия древесных пород. ДАН СССР, т. 147, № 1, 1962.
4. Э. Д. Лобжанидзе. Деятельность камбия древесных растений Лагодехского госзаповедника в зависимости от высоты над уровнем моря. Труды Ин-та леса АН ГССР, т. 12, 1963.
5. Э. Д. Лобжанидзе. Влияние высоты н. у. м. на формирование годичных колец древесины дуба и бука. Сообщения АН ГССР, XXXII:1, 1963.
6. А. А. Яценко-Хмельевский. Основы и методы аналитического исследования древесины. М.—Л., 1954.

Н. Л. НАДАШВИЛИ

К ИЗУЧЕНИЮ ФАУНЫ БОКОПЛАВОВ (СЕМ. *GAMMARIDAE*)  
НЕБОЛЬШИХ ВОДОЕМОВ ЛАГОДЕХСКОГО РАЙОНА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Каландадзе 30.3.1965)

Боклопавы, как хороший кормовой объект для многих рыб, имеют большое хозяйственное значение.

В Грузии видовой состав и географическое распространение боклопавов изучены недостаточно. Известна лишь работа А. Л. Бенинга [1], касающаяся некоторых ракообразных, найденных в небольших речках Бакуриани, а также работа А. В. Мартынова [2] о родниках Махинджаури в Западной Грузии. В указанной работе даны морфология и местонахождения отдельных видов боклопавов.

Целью нашей работы являлось установление видового состава боклопавов небольших водоемов Лагодехского района. Произведенным с этой целью обследованием в них обнаружено два вида гаммарусов: *Gammarus (Rivulogammarus) balcanicus* Schäferna и *Gammarus (Rivulogammarus) komareki* Schäferna.

Материал и методика

Материал собран нами в течение 1956 — 1963 гг. в небольших водоемах Лагодехского заповедника (в родниках на правом и левом берегах рр. Шрома и Лагодехи, а также в мелких ручейках) по сезонам года.

Сбор материала производился сачками. Материал фиксировался в 75% спирте. Фиксация производилась немедленно после взятия материала.

Систематическое определение собранного материала проводилось в лаборатории Севанской гидробиологической станции под руководством А. Г. Маркосяна.

Нами установлен новый для Грузии вид, описание которого приводим ниже:

1. *Gammarus (Rivulogammarus) balcanicus* Schäferna

Местонахождение: родник на правом берегу р. Шрома у поселка Лагодехи (12.VII.1958, 50 экз.); ручеек на левом берегу р. Лагодехи





(15.VI.1960, 50 экз., табл. 1); ручеек на правом берегу ущелья р. Шрома (16.VI.1961, 109 экз.); ручеек на правом берегу р. Шромис-Цкали (10.VI.1956, 85 экз.); родник на правом берегу нижнего течения р. Лагодехи (17.X.1963, 10 экз.); ручеек на правом берегу верхнего течения р. Лагодехи (окрестности заповедника 17.X.1963, 50 экз.); родник на левом берегу верхнего течения р. Шрома (12.VII.1958, 50 экз.); ручеек ниже серных вод заповедника (22.VI.1961, 10 экз.); ручеек на дороге, ведущей к серным водам заповедника (17.X.1963, 10 экз.); ручеек в окрестностях с. Витими (14.VI.1961, 10 экз.).

Описание: тело узкое, нижний угол I и II пары эпимеров плеона заострен; нижний угол III эпипира закруглен. На плеоне расположено несколько маленьких щетинок. Формула шипов сегментов урсомы: I—1(6)—2—2—1(6); II—2(4)—2(2)—1(4); III—1(5)—2(1)—2(1)—1(3).

Жгутик I пары антенн ♂ состоит из 20—23 члеников (рис. 1, а); жгутик II пары—из 8—10 члеников, а добавочный жгутик—из трех.

Жгутик I пары антенн ♀ состоит из 18—21 членика (рис. 1, а), а добавочный—из 2—3 члеников.

I пара антенн самца короче половины длины тела и длиннее II пары антенн. Они слабо ошетинены.

Внутренняя ветвь III урлопа самца значительно (на 1/3) короче наружной. На наружном крае внешней ветви расположено семь пучков перистых щетинок, во внутреннем крае щетинки в большинстве случаев перистые. На внутренней лопасти количество щетинок небольшое. На наружной стороне расположены перистые щетинки. Внутренняя сторона внутренней лопасти лишена щетинок.

III и IV перепопы ошетинены, но щетинки относительно короткие, короче щетинок III и IV перепопов самца (рис. 1, b, c, d ♀, e ♂).

Тельсон ♂ (рис. 1, h) разделен до конца на две лопасти. Их наружный край несет две группы щетинок. На верхушке одной из лопастей тельсона сидят один шип и четыре щетинки, а на второй—два шипа и четыре щетинки. На наружной стороне одной из лопастей тельсона расположены две щетинки, а на другой—одна.

Длина самцов 7—12 мм, самок 6—9 мм.

В результате сравнений нашего материала с балканскими формами, описанными в 1922 г. Шеферна, выяснилось, что наша форма чрезвычайно близка к *Gammarus (R)balcanicus* Schäferna по форме базиподитов V, VI и VII перепопод и по немногочисленности щетинок у II пары антенн. Она отличается от него длиной тела (длина формы, описанной Schäferna, 12—18 мм, а длина лагодехской формы 10—15 мм), большим количеством щетинок на внешней лопасти III урлопы, а также меньшим количеством щетинок и шипов тельсона.

Количество члеников жгута I и II пары антенны у *G. balcanicus* больше, чем у лагодехского вида. *Gammarus balcanicus* распространены на Балканском полуострове, в Малой Азии, Европе, Закавказье, Туркестане [3 — 5].

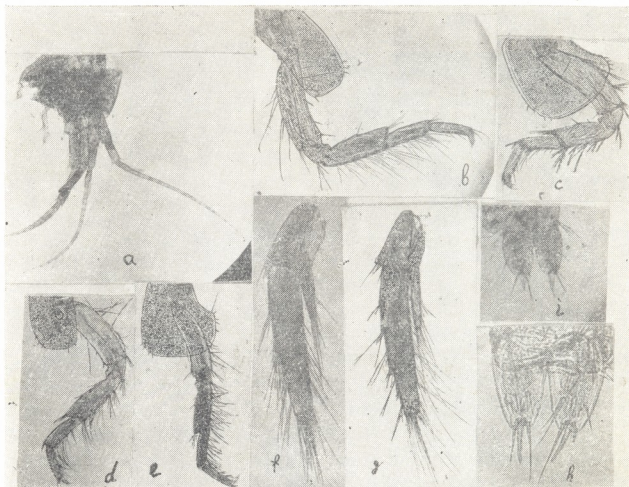


Рис. 1. *Gammarus (Rivulogammarus) balcanicus* Schäferna. Лагодехи, родник, ручеек на левом берегу р. Лагодехи, 15.VI.1956 — 1963: а — голова с антеннами ♂; б — III и с — IV перейоподы ♂; д — III и е — IV перейоподы ♀; ф — III уропода ♂; г — III уропода ♀; h — тельсон ♂; и — тельсон ♀

Указанный вид в Грузии отмечен и описан впервые нами. Впервые вид *Gammarus balcanicus* описан Шеферна в 1922 г. на Балканском полуострове (Болгария и Черногория).

## 2. *Gammarus (Rivulogammarus) komareki* Schäferna

Местонахождение: в роднике на правом берегу ущелья р. Шрома в поселке Лагодехи (10.VI.1956, t 10°C, 8 экз.); под камнями в роднике в окрестностях заповедника (12.VI.1956, 4 экз.); в ручейке на опытном участке Всесоюзного института табаководства (окрестности с. Витими, 5.VI.1956, 48 экз.; 14.IV.1960, t 20°, 30 экз.; 14.VI.1960, 20 экз.; 18.X.1963, t 13°C, 45 экз.; 18.X.1963, t 17°C, 10 экз.); в Лагодехском заповеднике в ручейке на правом берегу ущелья р. Шрома под камнями



(12.VII.1958, 106 экз.); в ручейке на правом берегу р. Лагодехи (в заповеднике) под опавшими листьями, сучьями и камнями (16.VI.1961, t 22°C, 115 экз.); под камнями в ручейке на правом берегу р. Лагодехи (17.X.1963, t 14°C, 30 экз.); под камнями в ручейке вблизи серной воды (17.X.1963, t 12°C, 40 экз.); в ручейках Лагодехского заповедника (17.X.1963, t 11°C, 50 экз.).

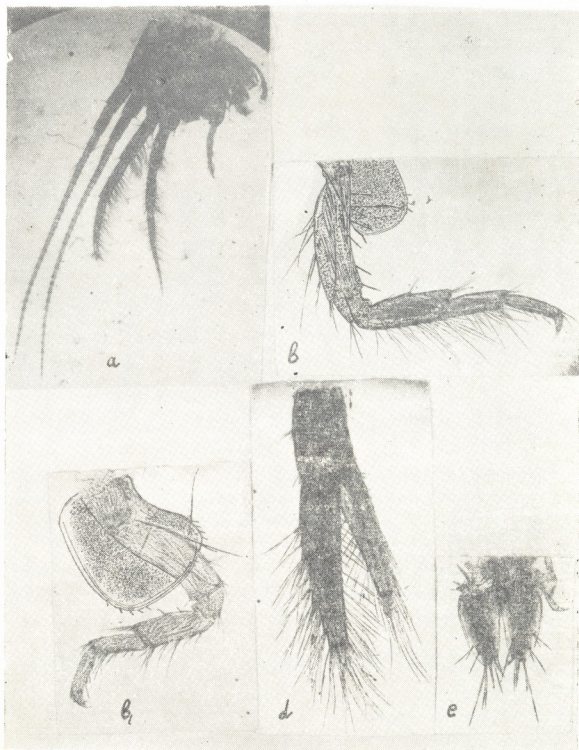


Рис. 2. *Gammarus (Rivulogammarus) komareki* Schäferna. Лагодехи, родник, ручеек, мелкие водоемы заповедника (10.VI.1956 — 1963): а — голова с антеннами ♂; б и б<sub>1</sub> — III и IV переходы, d — III уростома ♂, е — тельсон ♂

Описание: гаммарусы средней величины с почковидными глазами средней величины. Длина I пары антенн самца равна половине длины тела. Жгут из 19—32 члеников, добавочный жгут из 3—4 и 3—5, все членики одинаковой величины. II пара антенн вдвое короче первой. Жгут из 10—13 члеников. Щетинки длинные, опушенные, густые (рис. 2).

IV перейопода самки (рис. 2, с) короче третьей и к тому же менее усеяна щетинками, чем у самца. На III уropодe самца (рис. 2, d) сидят четыре шипика. Внешняя лопасть уropоды широкая, ее наружная сторона с шестью группами щетинок по 3—4 щетинки в каждой; на конце один шипик и восемь длинных щетинок. На внутренней стороне внешней лопасти расположены перистые щетинки; расстояния между щетинками одинаковое.

Тельсон самца (рис. 2, e) удлинённый, разделен почти до основания; на I лопасти сверху три шипика и одна щетинка, с нижней стороны три маленькие щетинки. На II лопасти два шипика и шесть щетинок, а с нижней стороны шесть щетинок.

III уropодa у самки короче, чем у самца. На первом сегменте уropоды самки четыре шипика. На наружной стороне наружной ветви восемь групп щетинок по 2—4 щетинок в группе, на конце ветви 11 длинных щетинок. На внутренней стороне щетинки перистые, на конце ветви шесть длинных щетинок (рис. 2, d).

Ниже заднего угла на эпимере III сегмента плеона самца расположены четыре маленькие щетинки, а на передней стороне — три длинных шипика. Сегменты уросомы вооружены шипами и щетинками (рис. 2, f).

Формула шипиков сегментов уросомы: I—5—6—5—5; II—5—6—5—5; III—4—6—5—6.

Длина взрослых самцов 10—14 мм, самок 7—11 мм.

*Gammarus (Rivulogammarus) komareki* Schäferna найден нами в небольшом лесном ручейке Лагодехского заповедника. Щетинки II пары антенн длиннее и гуще, чем у *G. (R) komareki armenicus*, отмеченного А. Л. Бенингом [3] в Армении в 1947 г.

Внутренняя лопасть III уropоды лагодехской формы незначительно короче наружной, а у армянской формы внутренняя лопасть достигает лишь половины наружной.

*G. komareki* отмечен в Нахичевани, Талышевской, Бақуриани, Севане [1, 4, 6—8].

Отмеченный нами в родниках и ручейках Лагодехского заповедника *G. komareki* является новым для указанного района.

## В в о д ы

1. На основании систематической обработки собранного нами материала оказалось, что в Лагодехском районе (в родниках и ручейках) обитают два вида гаммарусов: *Gammarus (Rivulogammarus) balcanicus* Schäferna и *Gammarus (Rivulogammarus) komareki* Schäferna, распространение которых в означенном районе впервые указывается нами.

2. Названные виды являются типичными для родников и ручейков Лагодехского района и встречаются в массовом количестве.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт зоологии

(Поступило в редакцию 30.3.1965)

ჯოგოლოგია

ბ. ნადაშვილი

ლაგოდეხის რაიონის მცირე ზომის წყალსატევებში  
 გავრცელებული გვერდულეების ფაუნის შესწავლისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

1956 — 1963 წწ. ჩვენ შევისწავლეთ ლაგოდეხის რაიონის მცირე ზომის წყალსატევებში გავრცელებული გვერდულეების სახეობათა შედგენილობა. გვერდულეების შეგროვებას ეწარმოებდით სეზონურად (გაზაფხული, ზაფხული, შემოდგომა).

მასალის სისტემატიკური დამუშავების შემდეგ დავადგინეთ, რომ ლაგოდეხის რაიონის მცირე ზომის წყალსატევებში გავრცელებულია გვერდულეების 2 სახეობა: 1. *Gammarus (Rivulogammarus) balcanicus* Schäferna; 2. *Gammarus (Rivulogammarus) komareki* Schäferna. მათ შორის *Gammarus (Rivulogammarus) balcanicus* Schäferna ჩვენს მიერ პირველად რეგისტრირებული საქართველოს მცირე ზომის წყალსატევებში, ხოლო მეორე სახეობას — *Gammarus (Rivulogammarus) komareki* Schäferna — პირველად აღნიშნავთ ლაგოდეხის რაიონის მცირე ზომის წყალსატევებისათვის.

შემოთ დასახელებული სახეობები პრაქტიკული მნიშვნელობისაა, რადგან ისინი წარმოადგენენ ერთ-ერთ საუკეთესო საკვებ ობიექტს თევზებისათვის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Л. Бенинг. О некоторых ракообразных окрестностей Бакуриани. Труды Биологической станции Народного комиссариата просвещения Грузинской ССР, 1, 1940.

2. А. В. Мартынов. К познанию пресноводной фауны Черноморского побережья Кавказа, 1. Труды Зоологического ин-та АН СССР, т. II, 1932.
3. А. Л. Бенинг и А. Н. Попова. Материалы по гидробиологии реки Зонги, от истока до г. Еревана. Труды Севанской гидробиологической станции, VIII, 1947.
4. А. Г. Маркосян. Биология гаммарусов озера Севан. Труды Севанской гидробиологической станции, X, 1948.
5. A. Schellenberg. Kritische Remernungen zur Sistematik der Süßwasser-gammariden. Zool. jabrb. Abt. Eyst., Bd. 69, H. 5/6, 1937.
6. Я. А. Бирштейн. Бокопавы Таджикистана. Сб. „Памяти акад. Зернова“, 1948.
7. А. Н. Державин. Бокопавы Нахичеванского края. Сб. Аз. ФАН, 1938.
8. А. К. Маркосян. Систематика гаммарусов озера Севан. Изд. АН СССР, 1946.
9. Я. А. Бирштейн. Заметка о пресноводных высших ракообразных Туркмении и Ирана. Учен. зап. МГУ, 83, 1945.
10. Я. А. Бирштейн. Подземные бокопавы района Хоста—Гудаута. Булл. Московского о-ва исп. природы, отд. биол., т. III (1), 1952.
11. Я. А. Бирштейн. Высшие раки (Malacostraca). Жизнь пресных вод СССР, т. 1, 1940.
12. А. Н. Державин. Пресноводные перекариды Талыша. Труды Зоологического ин-та Аз. ФАН СССР, т. X, 1939.
13. А. В. Мартынов. К познанию *Amphipoda* текучих вод Туркестана. Труды Зоологического ин-та АН СССР, т. II, 1935.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

В. Д. БАБУХАДИА

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧЕК В УСЛОВИЯХ  
ЗАКУПОРКИ ОДНОГО МОЧЕТОЧНИКА И ПОСЛЕ ЕГО  
РЕКАНАЛИЗАЦИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. М. Гедеванишвили 14.9.1965)

Регенерация структуры и функции паренхимы почки представляет собой сложный биологический процесс, изучение которого имеет не только теоретическое, но и сугубо практическое значение.

Примечательно, что вопрос регенерации специфических паренхиматозных элементов в почке и реверзibilityности ее функции, несмотря на наличие большого числа клинико-экспериментальных исследований, не получил еще правильного разрешения и по-прежнему остается предметом научных изысканий.

На сегодня не решен вопрос обратимости процессов, хронически протекающих во внутренних органах, в частности в почках, что следует признать важным пробелом в биологической науке.

Исходя из этого, в наших предыдущих исследованиях мы изучили в хроническом опыте на собаках изменчивость структуры почек в условиях полной закупорки одного мочеточника [1] и характер обратимости этого процесса после реканализации мочеточника [2].

В настоящем сообщении мы ставим целью изложить результаты изучения в эксперименте функционального состояния почек в условиях полной закупорки одного мочеточника и возможности реверзibilityности этих изменений после устранения причины, вызвавшей гидронефроз. С целью возможно более точного определения уровня функциональной обратимости гидронефротического процесса или тех функциональных изменений, которые могут возникнуть в почке с гидронефрозом механической этиологии после реканализации мочеточника, мы провели следующую работу:

1. Изучили в динамике парциальные функции гидронефротической почки после реканализации мочеточника: клубочковую фильтрацию, канальцевую реабсорбцию, концентрационную способность почки и уровень плазмотока. Полученные данные сопоставили с контрольными величинами тех же показателей, установленными в почке до обтурации мочеточника, и наблюдали над их дальнейшими изменениями.

2. Мы сочли необходимым сопоставить показатели функциональной обратимости гидронефротической почки с такого же рода показателями, установленными в гидронефротической почке в начальном пе-  
30. „აგვის“, XLII:2, 1966



риде реканализации мочеточника. Соотношение означенных функциональных показателей мы сочли важным аргументом, поскольку оно позволило определить характер функциональной обратимости гидронефротического процесса и его качественные показатели.

3. Чтобы проследить развитие функциональных компенсаторных процессов, обнаруживающихся во второй, так называемой «интактной», почке после реканализации мочеточника гидронефротической почки, нам представилось интересным сопоставить показатели функциональной обратимости гидронефротической почки с функциональными показателями второй почки, находящейся в состоянии гиперфункции, и получить необходимую информацию о характере изменчивости этого процесса.

В целях изучения функциональных изменений, развивающихся в почках в условиях полной месячной закупорки одного мочеточника, установления характера и степени обратимости измененной функции, возникшей в почках после реканализации мочеточника, мы исследовали в хроническом эксперименте на пяти собаках парциальные функции почки до обтурации мочеточника, в условиях обтурации и после его реканализации.

Клубочковую фильтрацию и канальцевую реабсорбцию почки мы изучили пробой Реберга в модификации Е. М. Тареева [3], уровень канальцевого плазмотока в почке определяли вычислением коэффициента очищения диодраста методом Смита в модификации К. М. Киреева [4], содержание остаточного азота в крови — по методу Асселя.

Собакам под эфирным наркозом производилась лапаротомия. На нижнюю треть левого мочеточника накладывалась шелковая лигатура до полного закрытия мочеточника. Затем мочеточник перерезывался, и центральный конец его выводился в сосок молочной железы на левой стороне по методу Ш. С. Кигурадзе [5]. По прошествии 7—10 дней после операции мы приступали к изучению парциальных функций обеих почек.

Мочу из правой почки собирали с помощью введенного в мочевого пузыря мягкого резинового катетера, из левой почки — посредством введенного в левый мочеточник мочеточникового катетера № 10. Описанными выше методами с целью установления контрольного уровня функционального состояния почек отдельно изучали парциальные функции почек в соответствии с подходящими тестами.

После установления контрольного уровня функционального состояния почек собакам вновь производили лапаротомию и на левый мочеточник поблизости от передней стенки брюшины накладывали шелковый узел до полной закупорки мочеточника. По прошествии месяца после обтурации левый мочеточник вновь выводили и пришивали к одному из сосков молочной железы на левой стороне. В течение пяти с половиной месяцев в динамике изучались функциональные показатели почки и описывались обнаруженные изменения.

В результате проведенного нами эксперимента установлено, что в условиях полной месячной закупорки левого мочеточника у всех подопытных животных, как правило, развивалась депрессия концентрационной функции левой почки, что выражалось в понижении концентрационного индекса креатинина. В этом случае понижение коч-



центрационного индекса креатинина является показателем соответствующего понижения функции почки в целом, что, по нашему мнению, должно зависеть от нарушения интраорганической гемодинамики в гидронефротической почке, оказывающего влияние на функцию нефронов.

Наши исследования показывают, что минутный диурез гидронефротической почки в продолжение месяца после закупорки мочеточника резко понижен. Следует полагать, что в условиях механической закупорки мочеточника на минутный диурез оказывает определенное влияние понижение функции клубочковой фильтрации почки. Нужно думать, что на уменьшение минутного диуреза гидронефротической почки сильное влияние оказывает развившееся в почке расстройство процесса гемодинамики, поскольку характер и уровень гемодинамического процесса, как известно, определяют уровень паренхиматозных функций почки и, в том числе, клубочковой функции. Очень сильное влияние на степень минутного диуреза должно оказывать также расстройство моторной функции верхних мочевых путей, выражающееся в их дискинезии.

Несмотря на то что специфический структурный элемент почки — нефрон — наделен различной детерминированной функцией, он как анатомически, так и физиологически, т. е. как структурно, так и функционально, представляет собой единое целое, и в этих условиях понижение функции какого-либо его сегмента не может не влиять на анатомически и функционально связанное с ним состояние функции других сегментов, что так отчетливо проявилось в наших экспериментах. В условиях месячной обтурации мочеточника параллельно понижению функции концентрации креатинина соответствующей почки обнаружилась резкая депрессия фильтрационной функции, что проявилось в понижении коэффициента очищения эндогенного креатинина.

В условиях месячной закупорки мочеточника, как показали наши исследования, по сравнению с другими функциями почки, менее выраженные изменения отмечаются в канальцевой системе гидронефротической почки, что проявляется в умеренном понижении реабсорбционной функции канальцев.

В условиях обтурации мочеточника заметно нарушается интра-ренальное кровообращение в гидронефротической почке.

Установлено, что в условиях месячной непроходимости мочеточника в соответствующей почке чувствительно понижается уровень плазмотока, что проявляется в понижении коэффициента очищения диодраста. Относительно содержания остаточного азота в крови можно заключить, что в условиях месячной закупорки мочеточника оно существенных изменений не испытывает. В период опытов остаток азота в крови умеренно повышается или понижается, но кривая колебания его не выходит за пределы нормы.

Согласно нашим исследованиям, в условиях месячной полной обтурации в ответ на понижение функции левой почки во второй, «интактной», правой почке отмечалось становление компенсаторного процесса, что выражалось в гиперфункции почки.

Очень своеобразно проявилась ответная реакция на обтурацию левого мочеточника концентрационной функции правой почки. В условиях понижения концентрационной функции левой почки, развившееся в течение месяца после закупорки левого мочеточника, диапазон



концентрационной функции правой почки, вместо расширения, сузился. Примечателен тот факт, что выравнивание концентрационной функции правой почки начинается только после реканализации левого мочеточника, т. е. после обнаружения обратимости концентрационной функции левой, гидронефротической, почки. В этом случае между концентрационными функциями симметричных почек обнаруживается так называемая обусловленная зависимость, что, по нашему мнению, должно быть обусловлено рено-ренальной реакцией.

Согласно нашим исследованиям, в условиях полной закупорки левого мочеточника соответственно постепенному понижению минутного диуреза левой почки усиливается функция минутного диуреза правой почки, что проявилось, с одной стороны, в регуляции ритма выделения мочи, а с другой стороны, в увеличении порций выделяемой мочи.

Изменения, обнаруживающиеся в левой почке в условиях обтурации левого мочеточника, в определенной степени обуславливают усиление фильтрационной функции в правой почке, что проявляется в увеличении коэффициента очищения эндогенного креатинина. Таким же образом в условиях месячной закупорки левого мочеточника, т. е. в условиях понижения в левой, гидронефротической, почке уровня плазмотока, в правой почке на фоне компенсаторной викарной реакции усиливается эффект плазмотока, т. е. усиливается процесс интра-ренальной гемодиркуляции.

Что касается функции канальцевой реабсорбции в правой почке, она в основном остается интактной. Означенное состояние может быть объяснено тем, что в условиях обтурации левого мочеточника реабсорбционная функция левой почки сохраняется.

Таким образом, на основе анализа изученного материала складывается впечатление, что в условиях месячной закупорки левого мочеточника, т. е. при обнаружении полного выпадения функции левой почки, начинается становление процесса гиперфункции основных геморенальных процессов правой почки, что, по нашему мнению, должно рассматриваться как викарный компенсаторно-приспособительный процесс, развивающийся в качестве адекватной реакции на закупорку левого мочеточника.

В ходе наблюдений отмечалось, что после реканализации левого мочеточника, т. е. после освобождения левого мочеточника от механического препятствия и создания нормальной среды для жизнедеятельности почки, обнаруживается становление процесса обратимости отдельных функций почки, в частности постепенное уменьшение уровня эндогенного креатинина в крови. По прошествии пяти с половиной месяцев количество его в крови стало не только меньше того уровня, который наблюдался в условиях гидронефроза, но приблизилось к норме (собаки 1, 2, 3, 5).

В условиях реканализации мочеточника тенденция обратимости функции концентрации креатинина в левой, гидронефротической, почке обнаруживается во всех опытах, что выражается в улучшении концентрационного индекса креатинина. Так, например, по прошествии пяти с половиной месяцев после реканализации мочеточника концентрационный индекс левой почки заметно превышает концентрационный индекс той же почки в условиях гидронефроза. Параллельно возрожде-

инию концентрационной способности левой почки наблюдается и улучшение концентрационной способности правой почки, что, как было отмечено, должно быть обусловлено рено-ренальным рефлексом.

Было установлено, что в момент реканализации левого мочеточника у всех подопытных животных минутный диурез левой почки оказывался резко пониженным. В период, последующий за реканализацией мочеточника, мы наблюдали, как улучшается означенная величина, которая по прошествии пяти с половиной месяцев заметно превысила показатель минутного диуреза почки в условиях гидронефроза и почти сравнялась с ее же средним контрольным уровнем: восстановился нормальный ритм выделения мочи из мочеточника, одновременно заметно уменьшилась амплитуда асимметрии, наблюдавшаяся до того в ритме выделения мочи из правой почки.

Параллельно улучшению минутного диуреза левой, гидронефротической, почки отмечается нормализация функции минутного диуреза правой почки, находящейся в состоянии гиперфункции.

На основе полученных данных можно заключить, что со стороны функции минутного диуреза левой почки, которая в условиях месячной обтурации мочеточника претерпела сильную депрессию, в условиях реканализации мочеточника проявляется сильная тенденция обратимости.

В определении степени реверсibility гидронефротического процесса мы придаем большое значение реверсibility функции минутного диуреза. Восстановление минутного диуреза указывает на улучшение состояния функций, оказывающих на нее влияние: улучшаются функции клубочковой фильтрации и всасывания воды в дистальной части мочевых канальцев, выравниваются их взаимозависимость, в почке нормализуется гемодиализация, моторная функция верхних мочевых путей; последняя в условиях закупорки мочеточника находится в состоянии дискинезии.

В процессе обратимости гидронефротической трансформации, наряду с обратимостью других функций, большое прогностическое значение придается фильтрационной функции почки. В настоящее время признано, что в условиях патологии почки отклонение от нормы клубочковой фильтрации неизбежно влечет за собой отклонение от нормы и других функций почки [6]. Исходя из этого, было бы логично заключить, что в условиях патологии почки начало выравнивания функции клубочковой фильтрации должно указывать на начало нормализации и других функций почки. Правда, нефрон обнаруживает различные функции, но эти функции не взаимно противоположны, а едины и представляют собой цельную функцию нефрона. Поскольку мерилом функционального состояния нефрона признана фильтрационная функция, ясно, что понижение ее должно означать понижение суммарной функции почки. Следовательно, обратимость фильтрационной функции должна указывать на обратимость суммарной функции почки.

В процессе экспериментальной работы мы убедились в том, что в фильтрационной функции гидронефротической почки после реканализации мочеточника развивается процесс обратимости.

Наши данные в этом отношении существенно отличаются от данных Гомора и Такач-Надя [7], по мнению которых в условиях об-



гурации мочеточника фильтрационная функция почки претерпевает глубокие изменения, представляющие собой необратимый процесс.

В условиях месячной закупорки мочеточника как в гидронефротической, так и во второй, правой, почке менее выраженные, по сравнению с другими функциями, изменения претерпевает канальцевая система, что выражается в умеренном понижении реабсорбционной функции. Нормализация означенных изменений завершается в ближайший период после рекализации мочеточника.

Согласно нашим данным, в левой почке в условиях обтурации мочеточника заметно понижается процесс гемоциркуляции; резко понижается уровень плазмотока, что проявляется в редукции коэффициента очищения диодраста. После рекализации мочеточника в левой, гидронефротической, почке отмечается увеличение коэффициента очищения диодраста, указывающее на нормализацию в почке внутриоргана кровообращения.

Установлено также, что коэффициент очищения диодраста в левой почке по прошествии пяти с половиной месяцев после рекализации мочеточника все-таки не уравнивается с его средней контрольной величиной. Означенное является показателем не завершившейся еще нормализации процесса гемоциркуляции в почке.

Из анализа собственного экспериментального материала выясняется, что в условиях месячной закупорки мочеточника все функции почки с неравномерной интенсивностью, но все же понижаются. После рекализации мочеточника, когда изменяется внутриоргана среда, во всех пониженных функциях почки зафиксировано становление регенерационного процесса, протекающее с неравномерной интенсивностью.

Исходя из наших исследований, утверждение, что рекализация мочеточника не может способствовать нормализации функционального расстройства, развившегося в условиях обтурации мочеточника, разделяемое, в частности, Марокко и Песче [8], не следует считать перспективным.

## Выводы

1. После полной месячной блокады мочеточника в почке явно выражены функциональные изменения, характерные для гидронефроза. Согласно геморенальным показателям, особенно понижаются концентрационный индекс креатинина, концентрационный индекс почки, клиренс эндогенного креатинина и коэффициент очищения диодраста, что указывает на глубокое расстройство концентрационной способности почки, клубочковой фильтрации и гемоциркуляции. Резкая депрессия отмечается также со стороны функции минутного диуреза почки.

2. Уровень геморенальных показателей правой почки заметно превышает контрольный уровень ее же соответствующих геморенальных показателей при наличии в левой почке гидронефротического процесса. Означенное представляет собой возникшую в почке гиперфункцию компенсаторного характера и должно рассматриваться как ответная реакция на закупорку левого мочеточника.

3. После рекализации мочеточника отмечается тенденция к улучшению функциональных показателей гидронефротической почки.

По прошествии пяти с половиной месяцев после уретеростомии они приближаются к норме, что указывает на возникновение и дальнейшее прогрессирование реверзибельности в гидронефротической почке после реканализации мочеточника. Несмотря на это, уровень геморепадных показателей, установленный в гидронефротической почке, по прошествии пяти с половиной месяцев после уретеростомии отстает от уровня средних контрольных показателей. Отмеченное указывает на то, что функциональная регенерация в левой, гидронефротической, почке, в означенный срок эксперимента не завершается и вновь продолжается.

4. В условиях месячной закупорки мочеточника асимметрия функциональных показателей в гидронефротической и второй, так называемой «интактной», почке прогрессивно уменьшается и по прошествии пяти с половиной месяцев достигает минимума. Уменьшение функциональной асимметрии почек в наших случаях следует объяснить становлением в гидронефротической почке процесса функциональной регенерации и соответствующей ему инволюции гиперфункции во второй почке.

Тбилисский государственный медицинский  
институт

(Поступило в редакцию 14.9.1965)

მეცნიერებების მიერ მიღებული

### 3. ბავშვები

თირკმლის ფუნქციური მდგომარეობა ერთი შარდსაწვეთის სრული დახვობისა და მისი რეკანალიზაციის პირობებში

#### რეზიუმე

ქრონიკულ ცდებში ძაღლებზე შევისწავლეთ თირკმლის ფუნქციური მდგომარეობა ერთი შარდსაწვეთის სრული დახვობისა და მისი რეკანალიზაციის პირობებში. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ შარდსაწვეთის ერთი თვის სრული ბლოკადის შემდეგ, თირკმელში მკაფიოდაა გამოხატული ჰიდრონეფროზისათვის დამახასიათებელი ფუნქციური ცვლილებები.

ჰემორენალური მაჩვენებლების მიხედვით განსაკუთრებულად დაქვეითებულია შარდში კრეატინინის ელიმინაცია, თირკმლის კონცენტრირული ინდექსი, ენდოგენური კრეატინინის კლირენსი და დიოდრასტის გაწმენდის კოეფიციენტი, რაც თირკმლის კონცენტრაციის, გორგლოვანი ფილტრაციისა და ჰემოციკულაციის ღრმა მოშლილობაზე მიუთითებს. მკვეთრი დეპრესია აღინიშნა აგრეთვე თირკმლის წუთობრივი დიურეზის ფუნქციაში.

მარჯვენა თირკმლის ჰემორენალური მაჩვენებლის დონე, მარცხენამხრივი ჰიდრონეფროზის პირობებში საგრძნობლად აღემატება მის შესაბამის ჰემორენალური მაჩვენებლების საკონტროლო დონეს. აღნიშნული პროცესი თირკმელში აღმოცენებული კომპენსატორული ხასიათის ჰიპერფუნქციას წარმოადგენს.

და განხილულ უნდა იქნეს, როგორც საბასუხო რეაქცია მარცხენა შარდსაწვე-  
თის დახშობაზე.

შარდსაწვეთის რეკანალიზაციის შემდეგ აღნიშნება შარდშეგუბებულ  
თირკმლის ფუნქციური მაჩვენებლების გაუმჯობესების ტენდენცია. ურეტეროს-  
ტომიიდან 5,5 თვის შემდეგ ისინი უახლოვდებიან ნორმას, რაც ჰიდრონეფრო-  
ზულ თირკმელში შარდსაწვეთის რეკანალიზაციის შემდეგ რევერზიბილობის  
აღმოცენებასა და პროგრესირებაზე მიუთითებს.

მიუხედავად ამისა, შარდშეგუბებული თირკმლის ჰემორენალური მაჩვე-  
ნებლების დონე, რაც დადგენილია ურეტეროსტომიიდან, 5,5 თვის შემდეგ, ჩა-  
მორჩება საკონტროლო საშუალო მაჩვენებლების დონეს, რაც იმაზე მიუთი-  
თებს, რომ მარცხენა ჰიდრონეფროზულ თირკმელში ფუნქციური რეგენერაცია  
ექსპერიმენტის აღნიშნულ ვადაში არ დამთავრებულა და კვლავ გრძელდება.

შარდსაწვეთის ერთი თვის ობსტრუქციის პირობებში შარდშეგუბებული  
და მეორე, ე. წ. „ინტაქტური“ თირკმლის ფუნქციური მაჩვენებლების ასიმე-  
ტრია, შარდსაწვეთის რეკანალიზაციის შემდეგ პროგრესულად მცირდება და  
5,5 თვის შემდეგ მინიმუმს აღწევს.

თირკმლების ფუნქციური ასიმეტრიის შემცირება ჩვენს შემთხვევებში  
უნდა აიხსნას ჰიდრონეფროზულ თირკმელში აღმოცენებულ ფუნქციური რე-  
გენერაციული პროცესებით და, ამის შესაბამისად, მეორე თირკმელში ჰიპერ-  
ფუნქციის ინვოლუციით.

#### დასოფიებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Д. Бабухадиа. Состояние структуры почек в условиях полного закрытия  
одного мочеточника. Сообщения АН ГССР, т. XXX, № 4, 1963, 496—502.
2. В. Д. Бабухадиа. Состояние структуры почек после устранения причины гид-  
ронефроза. Сообщения АН ГССР, XXXIV:3, 1964, 687—694.
3. Е. М. Тареев. Клиническая ценность креатининовой пробы Реберга. Терапевти-  
ческий архив, 1936, т. 14, вып. 4, 684—700.
4. П. М. Киреев. Диодраст и его применение для исследования функции почек.  
Лабораторное дело, № 2, 1955, 13—16.
5. Ш. С. Кигурадзе. Раздельное выведение мочеточников как метод для изуче-  
ния функции почек в эксперименте. Бюлл. экспер. биол. и медицины, т. 53,  
№ 1, 1962, 124—125.
6. А. Г. Гинейнский. Современные проблемы физиологии почек. Терапевтиче-  
ский архив, т. 31, вып. 1, 1959, 21—36.
7. P. Göthgr. L. Takacsy Nagy. Glomerular filtration and reversibility in  
experimental hydronephrosis Urol. inf., vol. 10, № 6, 1960, 385—394.
8. N. Marocco, G. Pesce. L'azione del propiorato di testosterone fugli esiti  
della idronephrosis da bloceo ureterale temporaneo. ricerche sperimentale.  
Arch. se. med., Settembre, t. 104, № 3, 1957, 344—359.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Г. С. ЦУЛАЯ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГИПОТЕНЗИВНОГО  
ДЕЙСТВИЯ АТОНИНА

(Представлено академиком К. Д. Эрстави 17.9.1965)

В медицинской практике часто прибегают к комбинированному применению двух или более лекарственных средств для лечения артериальной гипертензии [1, 2].

При сочетании лекарственных средств в результате суммирования и потенцирования их действия в значительной степени повышается терапевтический эффект, что позволяет использовать минимальные дозы и тем самым избежать побочные явления.

Однако простое сочетание двух или нескольких средств иногда приводит к уменьшению силы действия основного вещества или к развитию различных побочных явлений. Поэтому клиническому применению новых комбинаций должно предшествовать экспериментальное обоснование эффективности действия тех или иных сочетаний.

Для лечения артериальной гипертензии Г. С. Гвишиани была рекомендована комбинация лекарственных веществ по следующей прописи: барбамил — 1 мг; платифиллин — 5 мг; гипотиазид — 1 мг; карбогидразониум-кобальт — 2 мг. Эта смесь была названа атонином. Прежде чем использовать атонин в клинике, мы попытались опробовать его в эксперименте.

В нашу задачу входило изучение влияния на артериальное давление приведенных выше лекарственных средств как в отдельности, так и в комбинации.

Большинство из этих препаратов в отдельности находят применение при лечении артериальной гипертензии, хотя иногда они недостаточно эффективны и при длительном применении больших и даже умеренных доз вызывают побочные явления.

Подбор отдельных ингредиентов был обусловлен следующими соображениями. По данным Л. С. Чхиквишвили [3], барбамил в дозе 0,1—0,3 г при приеме 3 раза в день при артериальной гипертензии вызывает снижение артериального давления в основном при начальных стадиях заболевания. Вместе с тем, барбамил при более или менее длительном применении в больших дозах может оказать токсическое действие, угнетая различные функции организма [4].

Платифиллин, фармакологические свойства которого подробно были изучены Г. С. Гвишиани [5], угнетает сосудодвигательный центр продолговатого мозга, вследствие чего происходит расширение сосудов и



снижение артериального давления. Платифиллин обладает умеренным гипотензивным действием, улучшает коронарное кровообращение [6].

И. З. Гурфинкель [7] применял платифиллин при лечении сердечно-сосудистых заболеваний, в частности при гипертонической болезни, особенно у лиц с транзиторной гипертонией. Однако гипотензивный эффект платифиллина непродолжителен.

Гипотиазид (дигидрохлортиазид) относится к производным бензотиазида и обладает мощным натриуретическим и диуретическим действием и умеренным гипотензивным свойством [8]. Он увеличивает выделение одновалентных электролитов с мочой и этим вызывает гипотензивный эффект при гипертонической болезни. Следует отметить, что с прекращением ввода в организм гипотиазиды довольно быстро возобновляются все симптомы заболевания.

В больших дозах гипотиазид вызывает гипокалиемию. Вследствие быстрой потери жидкости не исключена опасность возникновения коронарных и церебральных тромбозов. В малых же дозах (20—30 мг) в сочетании с другими ингредиентами гипотиазид может применяться длительно без развития каких-либо побочных явлений [9].

Кобальт является обязательной составной частью организма, он входит в состав витамина В<sub>12</sub>, глобина и фибриногена.

Л. П. Пересадыко [10] было установлено, что различные соли кобальта (бензосульфат кобальта, лимоннокислый кобальт, нитрит кобальта и др.) вызывают расширение сосудов внутренних органов и снижение артериального давления.

Г. С. Гвишиани [11] и Ц. Е. Картвелишвили [2] были изучены фармакологические свойства некоторых гидрозинных производных кобальта. Карбогидразониум-кобальт, будучи введенный в вену и мышцы, понижал кровяное давление у животных как в острых, так и в хронических опытах.

Более длительно выраженный гипотензивный эффект наблюдался у гипертонизированных животных.

Работа выполнена в экспериментальном отделе Научно-исследовательского института экспериментальной и клинической терапии Министерства здравоохранения Грузинской ССР.

### Методика исследования

Опыты были проведены под уретановым наркозом на 23 кошках обоего пола, весом от 2,5 до 4 кг.

После оглушения кошек эфиром делали уретановый наркоз путем внутривенного введения 10% раствора из расчета 1,5 г на 1 кг веса животного.

Регистрация артериального давления в сонной артерии производилась кровавым способом записью кривых на ленте кимографа с помощью ртутного манометра.

Все исследуемые фармакологические вещества непосредственно перед их внутривенным введением растворялись в стерильном физиологическом растворе с таким расчетом, чтобы 1 мл раствора содержал разовую дозу одного или нескольких вышеуказанных лекарственных средств в зависимости от проводимого эксперимента.



## Полученные результаты и их обсуждение

Нами было изучено гипотензивное действие в отдельности: барбамил, гипотиазид, платифиллина и карбогидразониум-кобальта, а также их комбинаций: барбамил+платифиллин (первая комбинация); барбамил+платифиллин+гипотиазид (вторая комбинация); барбамил+платифиллин+гипотиазид+карбогидразониум-кобальт (третья комбинация).

Изменением кровяного давления считалось его колебание в пределах  $\pm 5$  мм рт. ст., связанное с введением исследуемого препарата.

Полученные результаты в суммарном виде представлены в таблице.

Изменение артериального давления у кошек после внутривенного введения барбамил, платифиллина, гипотиазид, кобальта и их комбинаций

Наименование медикаментов	Доза, мг <sup>2</sup> /кг	Число опытов	Падение кровяного давления, мм рт. ст.	Нет падения
Барбамил	0,001	7	—	7
Платифиллин	0,005	8	—	8
Гипотиазид	0,001	6	6	—
Карбогидразониум-кобальт	0,002	8	8	—
Барбамил+платифиллин		8	8	—
Барбамил+платифиллин+гипотиазид*		8	8	—
Барбамил+платифиллин+гипотиазид+карбогидразониум-кобальт		10	10	—

\* Дозы в комбинации те же.

Переходим к изложению отдельных результатов.

Как видно из таблицы, при внутривенном введении барбамил в дозе 1 мг на 1 кг веса животного заметных изменений артериального давления не отмечалось.

Внутривенное введение платифиллина в дозе 5 мг выраженного действия на кровяное давление не оказывает.

Внутривенное введение одного гипотиазид в дозе 1 мг вызывало непродолжительное (1—2 минуты) понижение артериального давления на 5—10 мм рт. ст.

Внутривенное введение карбогидразониум-кобальта в дозе 2 мг во всех восьми опытах через 8—10 секунд вызывало быстрое снижение артериального давления на 10—12 мм рт. ст., а спустя 8—10 минут с момента введения лекарства артериальное давление вновь возвращалось к первоначальному уровню.

При использовании первой комбинации (барбамил 1 мг + платифиллин 5 мг) через 2,5—3 минуты после внутривенной инъекции получали постепенное и очень незначительное понижение артериального



давления (на 5—8 мм рт. ст.). Через 20—25 минут уровень артериального давления приближался к исходным показателям.

Внутривенное введение второй комбинации (барбамил 1 мг + платифиллин 5 мг + гипотиазид 1 мг) вызывало более выраженный (10—15 мм рт. ст.) и значительно продолжительный (15—20 минут) гипотензивный эффект. Наиболее эффективной в смысле выраженного гипотензивного эффекта и его продолжительности оказалась третья комбинация, включавшая в себя все четыре ингредиента.

Через 30—45 секунд после введения в бедренную вену этой лекарственной комбинации происходило быстрое, но плавное снижение кровяного давления на 40—45 мм рт. ст. На этом уровне давление держалось до 10 минут, после чего происходило очень медленное повышение, однако даже через 1,5 часа оно продолжало оставаться на 10—12 мм рт. ст. ниже первоначального исходного уровня. При этом наблюдалось длительное урежение сердечного ритма на 10—15 ударов в минуту.

Представленный экспериментальный материал показывает, что применяемые нами малые дозы барбамила, платифиллина и гипотиазида не оказывают гипотензивного эффекта.

Что касается карбогидразониум-кобальта, он в указанной дозе вызывает умеренное (на 10—12 мм рт. ст.) снижение артериального давления.

Более выраженный гипотензивный эффект получила Ц. Е. Картвелишвили [12], применяя карбогидразониум-кобальт в дозе 0,4—0,5—0,8 мг/кг.

Выраженного депрессорного эффекта при применении комбинации барбамила с платифиллином не наблюдалось.

После добавления к этой комбинации гипотиазида гипотензивный эффект был более выраженный и продолжительный, чем при применении первой комбинации, а также отдельно гипотиазида. Указанное можно объяснить как гипотензивным действием самого гипотиазида, так и его свойством потенцировать действие депрессорных средств [13].

Полученные данные последних серий опытов (третья комбинация) показали, что сочетание этих соединений вызывает наиболее полный выраженный и длительный эффект.

Таким образом, проведенные исследования позволили нам установить, что указанные лекарственные средства при применении в отдельности в малых дозах не дают гипотензивного эффекта, тогда как при их комбинации имеет место выраженный и продолжительный эффект, что объясняется суммацией эффектов всех компонентов смеси.

## Выводы

В экспериментах было изучено гипотензивное действие в отдельности барбамила (2 мг), платифиллина (5 мг), гипотиазида (1 мг), карбогидразониум-кобальта (2 мг), а также их комбинаций в тех же дозах: барбамил+платифиллин (первая комбинация), барбамил+платифиллин+гипотиазид (вторая комбинация) барбамил±платифиллин+гипотиазид±карбогидразониум-кобальт (третья комбинация).

Опыты проведены на 23 кошках под внутривенным уретановым наркозом. Регистрация артериального давления производилась в сон-

ной артерии кровавым способом с записью кривых давления на ленте кимографа с помощью ртутного манометра.

Исследуемые фармакологические вещества, растворенные в 1 мл физиологического раствора, вводились в вену.

Анализ результатов показал, что среди трех испробованных комбинаций наиболее эффективной в смысле выраженности и длительности гипотензивного эффекта оказалась третья (атонин). Поэтому мы считаем возможным рекомендовать эту комбинацию при лечении гипертонической болезни.

Институт экспериментальной и  
 клинической терапии  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 17.9.1965)

მეცნიერებულ მედიცინა

ბ. წულაია

ატონინის ჰიპოტენზიური მოქმედების მეცნიერებულ  
 შესწავლისათვის

რეზიუმე

ექსპერიმენტში შესწავლილ იქნა გ. გვიშიანის მიერ მოწოდებულ სამკურნალო საშუალებათა ნარევი—ბარბამილის (1 მგ), პლატიფილინის (5 მგ) ჰიპოთიაზიდის (1 მგ), კარბოჰიდრაზონიუმკობალტის (2 მგ) ჰიპოთენზური მოქმედება, როგორც ცალკე-ცალკე, ისე სხვადასხვა კომბინაციაში ხმარების დროს. I კომბინაცია—ბარბამილი+პლატიფილინი, II კომბინაცია—ბარბამილი+პლატიფილინი+ჰიპოთიაზიდი, III კომბინაცია — ბარბამილი+პლატიფილინი+ჰიპოთიაზიდი+ კარბოჰიდრაზონიუმკობალტი (ატონინი).

ცდები ჩატარდა ურეთანის ნარკოზით 23 კატაზე.

არტერიული სისხლის წნევის რეგისტრაცია წარმოებდა საძილე არტერიაზე სისხლიანი მეთოდით პირდაპირი გაზომვის წესით. წნევის მრუდეების ჩაწერა ხდებოდა კიმოგრაფის ლენტზე სინდიყის მანომეტრის მეშვეობით.

ვენაში შეგვყავდა გამოსაკვლევი ფარმაკოლოგიური საშუალებანი ზემოაღნიშნულ დოზებში გახსნილი 1 მლ ფიზიოლოგიურ სსნარში.

როგორც მიღებული შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, ყველაზე უფრო გამოხატულ და ხანგრძლივ ჰიპოთენზიურ ეფექტს იძლევა მესამე კომბინაცია (ატონინი), რომელიც ჩვენი აზრით შესაძლებლად მიგვაჩინა რეკომენდირებულ იქნას — ჰიპერტონიული დაავადების სამკურნალოდ.

დაბოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Кудрин. О комбинированном применении некоторых веществ гипотензивного и сосудорасширяющего действия. Клиническая медицина, т. 42, № 7, 1964, 131—136.



2. D. Fischtak, L. Castor. Polithiazide and reserpine combined in the office treatment of hypertension. *Angiology*, 15, 4, 1964, 196—200.
3. Л. С. Чхиквишвили. Влияние длительного сна, вызванного барбитом в комбинации с хлористым кальцием, на кровяное давление животных с экспериментальной рефлексогенной и почечной гипертензией. Труды Ин-та клинической и экспериментальной кардиологии АН ГССР, т. 5, 1958, 163—169.
4. М. Д. Машковский. Лекарственные средства, 1962.
5. Г. С. Гвишиани. О некоторых фармакологических свойствах платифиллина. *Фармакология и токсикология*, 1939, т. 2, вып. 4, 40—46.
6. Р. Г. Дианова. О механизме гипотензивного действия платифиллина. *Фармакология и токсикология*, № 1, 1960, 13—17.
7. М. З. Гурфинкель. Платифиллин в терапии внутренних заболеваний. *Клиническая медицина*, т. XXII, № 4, 1944, 66—74.
8. М. Кишфалуди. Клиническое применение препарата гипотиазида (гидрохлортиазид). *Венгерская медицина*, № 1, 1961, 19—31.
9. А. Д. Куница. Влияние гипотиазида на содержание мочевины в сыворотке крови у больных гипертонической болезнью. *Здравоохранение Белоруссия*, 1965, № 8, 10—11.
10. А. П. Пересадько. О лечении гипертонической болезни солями кобальта. Конференция по проблеме предупреждения и лечения сердечно-сосудистой недостаточности, 1958, 107—109.
11. Г. С. Гвишиани. Влияние дикарбогидразонииум дигидразин кобальта на сердечно-сосудистую систему и на вегетативные ганглии. *Журнал фармакологии и токсикологии*, № 5, т. XXI, 1958, 19—26.
12. Ц. Е. Картвелишвили. Влияние карбогидразонииум-кобальта на расстройство сердечно-сосудистой системы нормальных и гипертонизированных животных и на гладкую мускулатуру. *Сообщения АН ГССР*, т. 21, № 4, 1958, 491—495.
13. S. C. Freed, S. S. George, D. Beaty. Mechanism of antihypertensive action of thiazides. *Proc. Soc. Exper Biol. Med.*, 112, 3, 1963, 735—737.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Э. В. БИБИЛЕЙШВИЛИ

МАТЕРИАЛЫ К КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ РОДОВ И ПОСЛЕРОДОВОГО ПЕРИОДА

(Представлено академиком В. С. Асатиани 24.2.1966)

Стремление объяснить причины наступления родов возникло давно, и до сегодняшнего дня предложено множество теорий, основная сущность которых базируется на тех теоретических предпосылках, которые являются главенствующими в теории медицины.

М. А. Петров-Маслаков [1], суммируя и анализируя имеющиеся данные, заключает, что в возникновении родов принимает участие множество факторов. Однако необходимо иметь в виду, что полной ясности во взаимоотношениях материнского организма и плода, а также нервных и гуморальных факторов, биохимических и рефлекторных влияний в настоящее время не существует. Поэтому мы исследовали активность ряда ферментов и спектра микроэлементов в крови 30 рожениц в динамике, т. е. в конце первого периода родов, через час после отхождения плаценты, на 8-й день после родов, а также в крови из вены пуповины и в гомогенатах из ткани плаценты.

Результаты, характеризующие активность ферментов и количественное содержание микроэлементов в крови в конце первого периода родов, указывают на изменения в активности исследованных нами биокатализаторов, по сравнению с контрольной группой.

Активность каталазы понижается с одновременным достоверным повышением активности пероксидазы. Резко повышается активность угольной ангидразы и щелочной фосфатазы. Активность лактикодегидрогеназы достоверных изменений, по сравнению с контрольной группой, не претерпевает.

Активность креатинфосфокиназы резко повышается и доходит до  $M=8,22 \pm 0,4$  мк/мол при норме  $M=1,12 \pm 0,06$  мк/мол. При этом увеличивается количественное содержание в крови микроэлементов, активирующих некоторые изучаемые нами ферменты: Mg и Mn-щелочную фосфатазу, Zn-угольную ангидразу, щелочную фосфатазу и пероксидазу; почти в два с лишним раза увеличивается количество Cu, принимающего некоторое участие в активации железосодержащих ферментов. Кроме того, увеличивается количество Al, Ti, Si, входящих в состав опорных тканей, Ti участвует в регуляции процессов тканевого дыхания и принимает некоторое участие в активации окислительно-восстановительных процессов. Особого внимания заслуживает достоверное повышение количества бария, так как последний может дей-



ствовать «через» ацетилхолин на гладкую мускулатуру, стимулируя течение родов. Повышение концентрации названных микроэлементов нами интерпретируется как явление, благоприятное для физиологического течения родов. Наряду с этим, отмеченное нами увеличение концентрации Pb и Li едва ли благоприятно, так как Pb, являясь антагонистом Ti, может угнетать действие последнего, а большие количества Li могут нарушать процессы тканевого дыхания.

Мы наблюдали также уменьшение содержания Fe, Ni, Cr, Ag, Sn, В. И если уменьшение количества бора можно рассматривать как благоприятный факт (так как он обладает способностью угнетать активность каталазы и щелочной фосфатазы), то уменьшение содержания железа, никеля и хрома, принимающих участие в процессах кроветворения, — как неблагоприятное явление даже при физиологическом течении беременности и родов.

Изменения взятых нами биохимических показателей отмечаются и при сравнении данной группы с группой женщин при 30—32-недельной беременности. Уменьшается активность каталазы и повышается активность пероксидазы, угольной ангидразы, щелочной фосфатазы, лактикодегидрогеназы и креатинфосфокиназы. Изменения активности ферментов статистически достоверны. Увеличивается содержание Mg, Mn, Cu, Zn, Li, Ni, Cr, Sn, что может влиять благоприятно, и уменьшается концентрация Fe и Ti. Изменение количественного содержания Al, Si, Ag, В, Ba, Pb недостоверно, но отмечается повышение количества Ba и Ag и понижение количества Al, Si, В, Pb.

Резюмируя полученные результаты в отношении активности изучаемых нами ферментов и содержания микроэлементов в крови в конце первого периода родов, отмечаем изменения этих показателей, указывающие на возможное участие их в процессе родов, что особенно наглядно при сравнении данной группы с группой беременных с 30—32-недельной беременностью.

Снижение активности каталазы и повышение активности пероксидазы указывает на нарушение нормального хода окислительно-восстановительных процессов.

Резкое повышение активности угольной ангидразы можно связать с углублением нарушения щелочных резервов крови в сторону ацидоза и ухудшением состояния дыхательной системы организма женщины.

Резкое увеличение активности щелочной фосфатазы в этом периоде родов, по сравнению с нормой и с 30—32-недельной беременностью, мы склонны объяснить усилением функции тех органов и систем, которые являются источниками происхождения данного фермента.

Активность лактикодегидрогеназы, по сравнению с нормой, достоверных изменений не обнаруживает, но, по сравнению с 30—32-недельной беременностью, достоверно увеличивается, что, возможно, связано с резким напряжением сердечно-сосудистой системы, с которым приходится считаться в периоде родов [2—5].

Особо нужно подчеркнуть изменение активности креатинфосфокиназы. Найденное нами постепенное нарастание активности этого фермента в течение беременности и резкое повышение в конце первого периода родов является специфическим признаком вовлечения

скелетной мускулатуры в данный процесс. Моторная функция матки, наряду с другими факторами, определяется также и биохимическими процессами, возникающими в матке к концу беременности и в начале родов. При этих процессах, по мнению И. С. Беркович [6], очевидно, повышается образование таких предпродуктов мышечного обмена, как аденозинтрифосфат, аденозиндифосфат, гексозодифосфат и др. Однако достоверных данных по выяснению характера химических процессов, происходящих при сокращении матки, не получено. Вообще вопрос о сократительном механизме матки является невыясненным. Но, освобождаясь от тормозящих влияний центральной нервной системы, матка развивает свойственную ей автоматическую сократительную деятельность, которую следует рассматривать как главный компонент, приводящий к наступлению родов.

Данные Е. Г. Эмери, Ф. М. Паскасио [7] о повышении в сыворотке крови концентрации креатинфосфокиназы говорят о выбрасывании этого фермента в кровяное русло во время родов и характеризуют напряженное состояние скелетной мускулатуры и миометрия, что является ведущим звеном в течении данного процесса.

Началом послеродового периода считается момент после рождения плода. С этого момента в организме женщины возникают процессы обратного развития органов и их систем, подвергавшихся изменениям во время беременности и родов. Также возникают процессы обратного развития в обмене веществ. Большинство авторов отмечает некоторое повышение обмена веществ на первой неделе после родов, а некоторые находят понижение азотистого и солевого обмена, повышение содержания в крови азота, сульфатов, хлоридов и др. Таким образом, нет единого мнения о состоянии обмена веществ в послеродовом периоде. Между тем, изучение различных сторон обменных процессов в послеродовом периоде, во время инволюции органов и систем, подвергшихся изменениям во время беременности и родов, имеет теоретическое и практическое значение.

Через час после родов активность каталазы повышается, приближаясь к норме, происходит понижение активности пероксидазы, угольной ангидразы, щелочной фосфатазы, но до нормальных величин их активности не доходит. Активность лактикодегидрогеназы и креатинфосфокиназы повышается достоверно, по сравнению с дородовым состоянием и с контролем. Количественное содержание микроэлементов в основном понижается, но, в сравнении с контролем, концентрация  $\text{Ca}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Pb}$  остается повышенной, а содержание  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mg}$  и остальных микроэлементов понижается, даже по сравнению с контролем.

Полученные нами данные отражают новое состояние, в котором находится организм женщины через час после родов. Повышение активности лактикодегидрогеназы и креатинфосфокиназы указывает на вовлеченность в процесс родов как скелетной, так и сердечной мускулатуры. Как отмечает Н. А. Куршаков [2], реакция сердечно-сосудистой системы на беременность является в сущности физиологической гипертрофией мускулатуры в связи с повышенной работой при биохимических воздействиях и измененных гормональных и метаболических соотношениях. К этому надо добавить высказывание



В. Фрея [8] о том, что акт родов, предъявляя огромные требования к сердечно-сосудистой системе, оказывает большое влияние на состояние сердечной мышцы, что и доказывается нашими исследованиями.

С первого же дня послеродового периода с началом инволюции начинается изменение молочных желез, инкреторная функция которых усиливается, способствуя физиологическому обратному развитию матки, одновременно усиливается экскреторная функция образования и выделения молока. Поэтому обмен веществ в данном периоде может быть измененным не только вследствие нарушений, происшедших во время беременности и родов, но и в связи с возникающими новыми требованиями к функциональному состоянию организма в послеродовом периоде. Продолжая наблюдения над роженицами, на 8-й день после родов мы отметили нормализацию каталазной и пероксидазной активности, и повышение количественного содержания Fe, Mg, Mn, по сравнению с состоянием через час после родов, и понижение содержания В, что может указывать на нормализацию окислительно-восстановительных процессов. Сюда же надо добавить имеющее место повышение активности щелочной фосфатазы, связанное, очевидно, с лактацией. Происходит дальнейшее понижение и приближение к норме активности угольной ангидразы и содержания Zn, что, в свою очередь, говорит о выравнивании щелочной резервности крови.

Резко понижается (ниже нормы) активность лактикодегидрогеназы, что может говорить о имеющейся реакции со стороны сердца во время родов. По сравнению с состоянием, которое было через час после родов, резко понижается, но остается намного выше нормальных величин, активность креатинфосфокиназы, что может указывать на продолжающийся процесс инволюции.

На основании полученных нами данных определение активности фермента креатинфосфокиназы может явиться ценным тестом в определении течения процессов инволюции в послеродовом состоянии, а доступность и легкость производства позволяют внедрить его в каждодневную акушерскую практику.

Кроме Fe, Mg и Mn, по сравнению с предыдущим состоянием, увеличивается содержание Ti, Ag и Ba. Особенный интерес представляет повышение концентрации Ba, которое, возможно, способствует инволюции маточной мускулатуры и, вероятно, благоприятно для нормального течения послеродового периода. Количественное содержание остальных микроэлементов понижено, по сравнению с предыдущим состоянием. Однако количество Mg, Cu, Li, Si, Al, Pb выше, количество же Fe, Mn, Zn, Cr, Ni, Sn, Ag, В ниже, чем в контрольной группе.

Тот факт, что концентрация железа, уже на 8-й день после родов проявляющая тенденцию к повышению, все еще далека от нормальной, оправдывает имеющиеся литературные указания о введении в организм железистых препаратов. Наблюдавшаяся нами на 8-й день после родов тенденция к повышению содержания железа и уменьшению количества меди в крови может указывать на взаимокompенсаторные влияния этих элементов на процессы кроветворения.

Уменьшение содержания Mn в крови в рассматриваемый период, по сравнению с нормой, наводит на мысль о необходимости добавле-



ния в пищу растительных веществ, богатых марганцем, принимая во внимание благоприятный эффект последнего на лактацию и на процессы инволюции.

Таким образом, количественные изменения изучаемого нами спектра микроэлементов, а также Fe и Mg на 8-й день после родов указывают на еще существующие нарушения обмена этих элементов.

Несомненно, что сохранение здоровья и жизни матери является основным вопросом акушерской науки, но сохранение плода и новорожденного, антенатальная охрана и предупреждение перинатальной заболеваемости и смертности также являются важной задачей советского акушерства. В связи с этим мы исследовали кровь из вены пуповины и ткань плаценты и результаты сравнили с данными анализа материнской крови, взятой в конце первого периода родов.

Известно, что в обеспечении плода необходимыми для него веществами огромную роль играет проницаемость плаценты, которая зависит от многих обстоятельств, наиболее важными из которых являются особенности ее строения, ее возраст, избирательное свойство и молекулярный вес проникающего вещества.

При сопоставлении наших данных мы приходим к заключению, что течение окислительно-восстановительных процессов в крови из вены пуповины находится на достаточно высоком уровне, а достаточно высокая активность угольной ангидразы в крови пуповины может указывать на недостаточность плацентарного барьера и на некоторое расстройство собственных буферов плода.

Тот факт, что активность щелочной фосфатазы находится на одинаково высоком уровне во всех исследованных объектах, может указывать на компенсаторные явления, необходимые для замещения уменьшенного количества неорганического фосфора в крови роженицы.

Активность лактикодегидрогеназы и креатинфосфокиназы почти одинакова в крови из вены пуповины и в крови роженицы в конце первого периода родов. Необходимо отметить, однако, что для дальнейшей жизнедеятельности новорожденного данные ферменты не так важны и, видимо, плацента не способна удерживать эти не нужные плоду вещества, что следует из низкой активности данных ферментов в плаценте. Здесь же надо отметить, что активность изученных ферментов в плаценте достоверно понижена, по сравнению с кровью роженицы.

Сравнивая зрелую плаценту с хорионом 7—11-недельной зрелости, отмечаем увеличение активности трех изученных нами ферментов, из которых особое внимания заслуживает щелочная фосфатаза, нарастающее увеличение активности которой говорит о выработке ее в данных тканях.

При сравнении спектра изученных нами элементов отмечаем достоверное уменьшение содержания всех микроэлементов, а также Fe и Mg в крови из вены пуповины и в ткани плаценты, кроме бора, по сравнению с кровью рожениц. Представляет интерес отмеченное нами повышение концентрации бора в зрелой плаценте как по отношению к крови роженицы, так и по отношению к хориону 7—11-недельной зрелости, что можно расценивать как явление, благоприятное для нор-



мального течения родового акта и что подтверждает прямое участие плаценты в развязывании и течении процесса родов.

Мы сравнили также состав зрелой плаценты и хориона 7--11-недельной зрелости и нашли, что в зрелой плаценте содержание Mg, Cu, Li, Al, Cr достоверно повышено, а содержание Mn, Zn, Ag, В и Pb снижено. Количественное содержание остальных микроэлементов почти одинаково.

Сравнение данных, касающихся изученных нами биокатализаторов, указывает на более высокие темпы обмена в зрелой плаценте, что, безусловно, соответствует физиологическому течению беременности и нормальному развитию внутриутробного плода.

Полученные нами результаты в некоторой степени могут научно обосновать изменения обмена веществ, связанные с изучаемыми нами биокатализаторами при физиологическом течении родов, послеродового состояния, а также взаимосвязь обменных процессов между организмом матери и плода. Необходимо еще раз подчеркнуть, что не имея собственных данных относительно ряда факторов, могущих оказывать влияние на активность ферментов в сыворотке крови, мы акцентировали возможную роль микроэлементов, используя для этого собранный нами фактический материал.

### Выводы

1. Начальная ответная реакция организма на родовой процесс вызывает заметные сдвиги в активности изученных нами биокатализаторов:

а) в конце первого периода родов нарушается активность ферментов — понижается активность каталазы с одновременным повышением активности пероксидазы, четко повышается активность угольной ангидразы, щелочной фосфатазы, лактикодегидрогеназы и креатинфосфокиназы. Повышается количественное содержание большинства микроэлементов — Cu, Mn, Zn, Al, Si, Ti, Cr, Ba, Pb и Mg, что, возможно, указывает на усиление активности тех ферментативных систем, с которыми они связаны; это относится главным образом к Zn, Mn, Cu и Mg;

б) через час после родов начинаются процессы нормализации изученных показателей обмена веществ, подвергшихся изменению во время беременности и родов; исключение составляют лактикодегидрогеназа и креатинфосфокиназа, активность которых продолжает повышаться;

в) на 8-й день после родов, несмотря на нормализацию активности некоторых изученных показателей, имеются еще признаки нарушений обмена веществ в организме женщины.

2. Определение активности фермента креатинфосфокиназы в сыворотке крови может стать ценным тестом в характеристике течения процессов инволюции в послеродовом периоде, а доступность и легкость производства позволяют рекомендовать применение этого теста в каждодневной акушерской практике.

3. Увеличение содержания бария в крови рожениц можно расценивать как благоприятный фактор; внедрение в акушерскую практику его определения может помочь в подборе средств, употребляемых для стимуляции родовой деятельности.

Родильный дом № 2  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 24.2.1966)

ქვემოთხსენიებული მუშაურობის შესახებ

ზ. ბიბილიაშვილი

მასალაზე მუშაობისას და ლოგინობის ხანის კლინიკურ-ბიოქიმიური დახასიათებისათვის

რ ე ბ ი უ მ ე

მშობიარობის დროს და ლოგინობის ხანაში ქალის სისხლში ბიოქიმიური გამოკვლევების შედეგად დადგენილია ზოგიერთი დამახასიათებელი ცვლილება. მშობიარობის პროცესი ქალის ორგანიზმში იწვევს ჩვენ მიერ შესწავლილი ბიოკატალიზატორების შესამჩნევ ძვრებს.

მშობიარობის პირველი პერიოდის დამლევე ირღვევა ფერმენტების აქტივობა — ეცემა კატალაზის აქტივობა და ერთდროულად მატულობს პეროქსიდაზის აქტივობა, მკაფიოდ მატულობს ნახშირანჰიდრაზის, ტუტე ფოსფატაზის, ლაქტიკოდეჰიდროგენაზისა და კრეატინფოსფოკინაზის აქტივობა. მატულობს მიკროლეემენტების: Cu, Mn, Zn, Al, Si, Ti, Cr, Ba, Pb და აგრეთვე Mg რაოდენობრივი შემცველობა, რაც შესაძლებელია მიუთითებდეს იმ ფერმენტატული სისტემების აქტივობის გაძლიერებაზე, რომლებთანაც ისინი არიან დაკავშირებულნი. ძირითადად ეს ეხება Zn, Mn, Cu და Mg;

მშობიარობიდან ერთი საათის შემდეგ იწყება ნივთიერებათა ცვლის შესწავლილი მაჩვენებლების ნორმალიზაცია. გამონაკლისს შეადგენს ლაქტიკოდეჰიდროგენაზა და კრეატინფოსფოკინაზა, რომელთა აქტივობა განაგრძობს ზრდას.

ლოგინობის ხანის მე-8 დღეს, მიუხედავად ზოგიერთი შესწავლილი მაჩვენებლის აქტივობის ნორმალიზაციისა, ქალის ორგანიზმში ჯერ კიდევ აღინიშნება ნივთიერებათა ცვლის დარღვევის ნიშნები.

სისხლის შრატში ფერმენტ კრეატინფოსფოკინაზის აქტივობის განსაზღვრა შესაძლოა გახდეს მნიშვნელოვან ტესტად ლოგინობის ხანაში ინვოლუციის პროცესების მიმდინარეობის დახასიათებისათვის.

მშობიარე ქალის სისხლში ბარუმი შემცველობის ზრდა შეიძლება შეფასდეს ხელშეწყობ ფაქტორად; მისმა რაოდენობრივმა განსაზღვრამ შესაძლოა ხელი შეუწყოს მშობიარობის სტიმულაციის მიზნით ხმარებაში არსებული საშუალებების შერჩევას.

## დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Петров-Маслаков. Причины наступления родов. В кн.: «Руководство по акушерству и гинекологии», т. 2. Медгиз, 1963, 355—371.
2. Н. А. Куршаков. Кровообращение нормальное и патологическое. М., 1933.
3. К. А. Гринева. Влияние беременности на нормальное сердце в свете клинкорентгенокимографического исследования. Автореферат, Л., 1947.
4. А. П. Николаев. Функциональное состояние здоровой и больной сердечно-сосудистой системы женщин при беременности и в родах. В кн.: «Практическое акушерство», Киев, 1958, 226—246.
5. Т. Д. Павлова. Векторкардиографические изменения при беременности. Автореферат, Харьков, 1961.
6. И. С. Беркович. Нейро-гуморальные факторы беременности и родов. Докл. на 7-м Всесоюзном съезде физиологов, биохимиков и фармакологов. М., 1947, 320—325.
7. E. H. Emery, F. M. Pascasio. The effects of pregnancy on the concentration of creatinekinase in serum, sceletal muscle and myometrium. J. Obstet. Gynec., 91, 1. 18 — 22, 1965.
8. W. Frey. Herz und Schwangerschaft. Leipzig, 1923.

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

И. А. ВАЧНАДЗЕ

ПРЯМАЯ ЛИМФОГРАФИЯ ПРИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЛИМФАТИЧЕСКОГО АППАРАТА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Джавахишвили 15.9.1965)

За последние десятилетия заметно возрос интерес к изучению лимфатической системы.

Актуальность рентгенологического исследования лимфатической системы настолько велика, что уже с момента разработки в 1954 г. Кинмонсом и Тайлором методики прямой лимфографии последняя получила широкое внедрение в практику многих лечебных учреждений. Наибольшее применение прямая лимфография нашла в онкологической клинике.

Вопросу рентгенологического исследования лимфатической системы советские и зарубежные авторы уделяют большое внимание.

Особенно важное значение имеет прямая лимфография для выявления состояния глубоко расположенных (тазовых и парааортальных) лимфатических узлов, недоступных исследованию обычными клинкорентгенологическими методами.

Хотя имеются исследования, касающиеся состояния глубоко расположенной лимфатической системы при заболеваниях крови и лимфатического аппарата [1—4], однако вопрос об анатомической и рентгеноморфологической картине пораженных лимфатических узлов освещен недостаточно.

Поэтому мы задались целью изучить состояние лимфатического аппарата таза и парааортальной области при лимфогранулематозе и лимфолейкозе методом прямой лимфографии и на основании анатомических и рентгенморфологических сопоставлений разработать рентгеносемиотику.

Во всех случаях диагноз первоначально был установлен на основании клинических и гематологических данных, кроме того, производились биопсия, а также повторные цитологические исследования пунктата патологически измененных периферических лимфатических узлов.

Методика исследования

Исследуемый укладывался на носилки, поставленные на стол для рентгеновских снимков, что позволяло производить более качественные рентгенограммы таза и парааортальной области в процессе введения контраста. Ввиду того что процедура длится 2—3 часа, для удобства и лучшей фиксации согнутых нижних конечностей была смонтирована съемная подставка под колени.



Прямая лимфография осуществлялась введением контраста в лимфатические сосуды тыла обеих стоп с помощью специального инъекционного устройства. Исследование производилось по методике Киммонса в модификации Б. Я. Лукьянченко. В качестве контрастного вещества использовался миодил. В зависимости от состояния, возраста и комплекции больного контрастное вещество вводилось в количестве 12--18 мл (по 6—9 мл в каждую нижнюю конечность).

Для инъекции лимфатических сосудов были использованы люэровские иглы № 25. Фиксация иглы осуществлялась следующим образом: игла, соединенная полиэтиленовой трубкой со шприцем, после подготовки лимфатического сосуда к инъекции вкалывалась в приподнятую пинцетом в нижнем углу разреза подкожную клетчатку, прокалывалась вдоль обнаженного лимфатического сосуда, а затем вводилась в сосуд. Игла, будучи проведена через клетчатку, в силу эластичности последней надежно фиксируется ею.

Рентгенограммы производились через 24—48 часов после введения контраста. Одновременно производилась серия прицельных снимков патологически измененных лимфатических узлов.

Предлагаемые дополнения к существующей методике (укладка больного на носилки, фиксация стоп на столе с подставкой под колени, проведение иглы через клетчатку) намного облегчают инъекцию.

Известно, что при лимфогранулематозе лимфатические узлы претерпевают различные изменения, зависящие от стадии болезни, а в большей мере от фазы патологического процесса в каждом отдельном лимфатическом узле.

Принято разграничивать три фазы изменений лимфатических узлов: 1) гиперпластическую, 2) гранулематозную и 3) фиброматозную.

Методом прямой лимфографии было изучено 35 больных с лимфогранулематозом в возрасте от 20 до 64 лет (21 мужчина, 14 женщины), с давностью заболевания от 2 месяцев до 6 лет.

По распространенности патологического процесса больные распределялись на три основные группы:

1. Генерализованная форма лимфогранулематоза с вовлечением в процесс периферических узлов, лимфатических узлов средостения и легочной ткани (12 больных, из них у 4 была поражена также лимфатическая система таза и парааортальной области).

2. Генерализованная форма лимфогранулематоза с вовлечением глубоко расположенной лимфатической системы (14 больных).

3. Ограниченные поражения средостенных и периферических лимфоузлов (9 больных).

Лимфографически в основном была выявлена степень изменения величин, формы и структуры отдельных групп лимфатических узлов таза и парааортальной области.

Из 18 больных с вовлечением в процесс ретроперитонеальных лимфатических узлов у 8 наблюдались одновременно все три фазы поражения отдельных лимфатических узлов таза и парааортальной области. У 10 больных одновременно наблюдались вторая и третья фазы поражения лимфатических узлов.

Для наглядности приводим наиболее характерные рентгенограммы преимущественно в гиперпластической фазе поражения лимфатических узлов.

Больной С., 64 лет. Заболевание началось в 1959 г. с увеличения шейных лимфоузлов справа.

На основании биопсии и клинико-гематологических данных был поставлен диагноз лимфогранулематоза. Повторные рецидивы в 1960 и 1962 гг. В 1965 г. поступил с ухудшением общего состояния. Шейные, подмышечные и паховые лимфоузлы увеличены, слабость, периодическое повышение температуры.

21. II. 65 г. произведена левосторонняя лимфография.

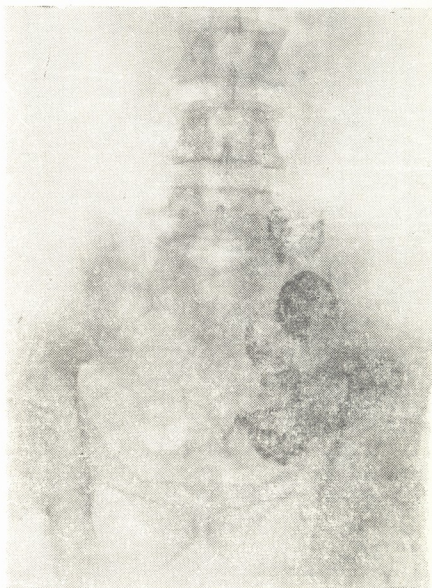


Фото 1. Изменения в лимфоузлах соответственно первой гиперпластической фазе (лимфогранулематоз)

На лимфограмме, произведенной через 24 часа после введения контраста, хорошо видно заметное увеличение лимфоузлов таза и парааортальной группы, контуры большинства лимфоузлов сохранены в



силу равномерного заполнения контрастом краевых синусов. Структура лимфоузлов более или менее равномерно пятнисто-зернистая (см. фото 2).

Приведем пример характерного изменения лимфоузлов в период гранулематозной фазы.

Больной Б., 45 лет, болен с февраля 1963 г. Первоначально заметил увеличение лимфоузла в левой подчелюстной области. В мае 1963 г. рецидив. Периферические лимфоузлы увеличены только слева в подчелюстной области.



Фото 2 Прицельная рентгенограмма—изменения околопоясничного лимфоузла соответственно второй фазе (больной тот же)

На основании клинико-гематологических и данных цитологического исследования был диагностирован лимфогранулематоз с повторным рецидивом и ухудшением общего состояния. Госпитализирован Б. Х. При поступлении обнаружено увеличение лимфоузлов левой подчелюстной области.



Рентгеноскопия органов грудной клетки: заметное расширение срединной тени вследствие увеличения лимфоузлов средостения.

13. X. 64 г. произведена двусторонняя одномоментная лимфография. На лимфограмме, произведенной через 24 часа после введения контраста, видно неравномерное увеличение лимфоузлов таза и парааортальной области. Особенно бросается в глаза значительное неравномерное увеличение группы парааортальных лимфоузлов на уровне  $L_{1-2}$  слева, тень их крупнопятнистая, в ней видны участки, не содержащие контраста, что говорит о неравномерности заполнения краевых синусов.



Рис. 3. Изменения лимфоузла тазовой области соответственно третьей фазе (больной тот же)

Одновременно у этого же больного обнаружены изменения в левом тазовом лимфоузле, характерные для фиброматозной фазы. На прицельной рентгенограмме лимфоузел неравномерно увеличен в раз-



мерах, деформирован, контуры его местами обрываются. Изображение крупнопятнистое с поперечной исчерченностью. Интенсивность тени лимфоузла неравномерна.

Наши наблюдения свидетельствуют о том, что изменения лимфоузлов, выявляемые при лимфографии, в известной степени соответствуют фазам развития патологического процесса.

Были также изучены 17 больных с лимфолейкозом (мужчин—11, женщин—6), в возрасте 48—78 лет, с давностью заболевания от 8 месяцев до 6 лет.



Рис. 4. Диагноз: лимфолейкоз. Обзорная лимфограмма, произведенная через 24 часа после введения контрастного вещества

Д. Н. Яновский [5] отмечает, что при лимфолейкозе особенно множественны и увеличены лимфоузлы брюшной полости. На разрезе пораженные лимфоузлы имеют однородную серую поверхность. Микроскопически отмечаются явления диффузной гиперплазии лимфоидных клеток с полным стиранием рисунка лимфоузла.

По А. И. Абрикосову [6], изменения, начавшись в коре узла, постепенно захватывают синусы и вся ткань лимфоузла однородно гиперплазирована, состоит из одних лимфоидных элементов.

Рентгенологическая картина лимфоузлов при лимфолейкозе изучалась рядом авторов [1—4]. На основании данных прямой лимфографии указанные авторы отмечают, что при лимфолейкозе характерным является увеличение лимфоузлов и сохранение овальной формы. Контуры узла четко контрастированы. Тень пораженного лимфоузла более или менее равномерно зернистая.

В наших наблюдениях у 15 из 17 больных отмечалось более или менее равномерное увеличение тазовых лимфоузлов, последние имели несколько удлинненную форму.

Лимфоузлы парааортальной группы были увеличены, но в меньшей степени, имели однородную зернистую структуру. Контур пораженных лимфоузлов во всех случаях был сохранен, гладкий и четкий, благодаря равномерному заполнению краевых синусов.

В одном случае лимфоузлы таза и парааортальной группы были неравномерно увеличены, структура их отличалась от нормальной лишь более крупной зернистостью.

Для наглядности приводим следующие наблюдения.

Больной К., 52 лет. Заболевание началось в 1963 г. с увеличения селезенки и лимфоузлов подмышечной области. На основании клинико-гематологических данных был поставлен диагноз лимфолейкоза. В дальнейшем наблюдались повторные рецидивы.

18. XI. 64 г. проведена двусторонняя одномоментная лимфография. На лимфограмме, произведенной через 24 часа после введения контраста, отмечается заметное увеличение лимфоузлов тазовой области, форма их несколько вытянута. Лимфоузлы парааортальной группы также увеличены, больше слева. Контуры измененных лимфоузлов сохранены, структура однородно зернистая.

Анализируя результаты собственных наблюдений 35 больных лимфогранулематозом и 17 больных лимфолейкозом и сопоставляя их с литературными данными, можно заключить, что наиболее типичным, характеризующим эти заболевания рентгеноморфологически является вовлечение в патологический процесс лимфоузлов таза и парааортальной группы (при лимфогранулематозе наблюдается в 50% случаев, при лимфолейкозе — во всех случаях).

У лимфогранулематозных больных пораженные лимфоузлы, как правило, неравномерно увеличены, возможна их деформация, чаще наибольшему изменению подвергаются парааортальные лимфоузлы.

При лимфолейкозе лимфоузлы также увеличены, имеют удлинненную форму, увеличение больше выражено в тазовых узлах.

Характерным признаком поражения лимфоузлов при лимфолейкозе является зернистость их изображения на лимфограмме с сохранением краевых синусов.

Состояние краевых синусов и картина пораженных лимфоузлов при лимфогранулематозе зависят от фазы патологического процесса. Часто у одного и того же больного можно видеть все фазы развития процесса в различных лимфоузлах.

Таким образом, для лимфогранулематоза характерно поражение глубоко расположенных тазовых и парааортальных лимфоузлов и



неравномерное увеличение с преимущественным поражением паравортальной группы. При этом заполнение краевых синусов контрастом в первой фазе поражения лимфоузла равномерное, во второй и третьей фазах — неравномерное.

Тень узла на лимфограмме в первой фазе поражения зернистая, во второй — неравномерно пятнистая, в третьей — пятнистая с поперечной исчерченностью.

Для лимфолейкоза характерны увеличение лимфоузлов, преимущественно тазовой области, форма которых несколько выпянута, равномерное заполнение краевых синусов контрастным веществом и равномерно зернистая тень на лимфограмме.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт экспериментальной морфологии  
им. А. Н. Натишвили

(Поступило в редакцию 15.9.1925)

ქლინიკური მდიონე

ი. ვაჩნაძე

## პირდაპირი ლიმფოგრაფია ლიმფური აპარატის სისტემური დაავადების დროს

რეზიუმე

ავთვისებიანი სისტემური დაავადების დროს 52 ავადმყოფზე პირდაპირი ლიმფოგრაფიის მეთოდით შესწავლილია რეტროპერიტონეალური ლიმფური კვანძები (35 ავადმყოფი—ლიმფოგრანულომატოზით, 17—ლიმფოლეიკოზით).

ლიმფოლეიკოზის დროს რეტროპერიტონეალური ლიმფური კვანძები თითქმის ყველა შემთხვევაში ჩართული პათოლოგიურ პროცესში ლიმფოგრანულომატოზების დროს კი აღნიშნული დაზიანება გვხვდება მხოლოდ შემთხვევათა ნახევარში.

ქრონიკული ლიმფოლეიკოზების დროს უმთავრესად ზიანდება მენჯის ლიმფური კვანძები. აღნიშნული კვანძები დიდდება, მატულობს ზომაში და მოგრძო ფორმას ღებულობს. სინუსები კონტრასტით თანაბრად ივსება და მათი გამოსახულებაც თანაბრად მარკვლოვანია.

ლიმფოგრანულომატოზის დროს უფრო მეტად ზიანდება პარააორტალური ლიმფური კვანძები. აღნიშნება მათი არათანაბარი გადიდება და დეფორმაცია. ლიმფური კვანძების გამოსახულება და სინუსების კონტრასტირების ხარისხი დამოკიდებულია პათოლოგიური პროცესის განვითარების ფაზაზე. საგულისხმოა, რომ ერთსა და იმავე ავადმყოფის ლიმფოგრამაზე შეიძლება ვნახოთ პათოლოგიური პროცესის განვითარების ყველა ფაზა.

დავითიშვილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. N. Arvay, Y. Picard La lymphographie. Paris, 1963.
2. H. Weisslender. Retroperitoneale Lymphnotenveränderungen beim Morbus Hodgkin. Fortschritte, Bd. 101, H. 5, 1964, 449 — 451.
3. S. Chiappa. La radioterapia endolinfatica nel trattamento delle linforeticulopatie sistemiche. J. belge Radiol., 47, 4, 1964, 657 — 663.
4. Б. Я. Лукьянченко, И. Г. Раевский. О значении лимфографии при некоторых злокачественных заболеваниях лимфатической системы, 1, 1965, 38 — 41.
5. Д. Н. Яновский. Руководство по клинической гематологии. Киев, 1962.
6. И. А. Абрикосов. Патологическая анатомия, ч. II, М., 1954.



კლინიკური მკვლელობა

მ. კომახიძე, ლ. დვალის, რ. თოლორაძის, ნ. ჯავახიშვილი, მ. გოგიავაძე

ბრონქოპნევმა მნდობრატქალური ნარკოზით ფილტვების  
კათოლოზის დროს

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ჯავახიშვილმა 15.12.1965)

ფილტვების პათოლოგიის დიაგნოსტიკაში ერთ-ერთი თვალსაჩინო მნიშვნელობა აქვს ტრაქეობრონქიალური ხის საკონტრასტო გამოკვლევას, რომელმაც ბოლო წლებში დიდი უფლებები მოიპოვა სამედიცინო პრაქტიკაში.

ბრონქოგრაფია მეტწილად ხორციელდება ადგილობრივი ანესთეზიით. დიკაინის ან კოკაინის საანესთეზიო ხსნარების გამოყენებით. როგორც ჩვენმა დაკვირვებამ, ისე ლიტერატურული მასალის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ადგილობრივი ანესთეზიით ნაწარმოები ბრონქოგრაფია არ იძლევა ტრაქეობრონქიალური ხისა და მასში არსებულ პათოლოგიის ნამდვილ სურათს. ამის მიზეზია არასრულყოფილი ანესთეზია.

სასუნთქ გზებში კონტრასტის შეყვანა ბრონქიალურ ხეში იწვევს ლორწოვანის გაღიზიანებას და ხველის რეფლექსს, ხოლო მცირეოდენი ხველა საკმარისია ბრონქიალური ხის სტრუქტურის დასაშლელად, რაც აფერხებს დიაგნოზის დადგენას; უფრო მეტიც, შესაძლებელია, არასრულყოფილმა ბრონქოგრაფიამ სრული დიაგნოსტიკური სხვაობა მოგვეცეს.

ზოგიერთი ავადმყოფი ვერ იტანს საანესთეზიო ნივთიერებებს—დიკაინსა და კოკაინს. მის მინიმალურ რაოდენობაზეც კი დიდ რეაქციას იძლევა. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა წინასწარ დადგინდეს ავადმყოფის მგრძობელობა იმ საანესთეზიო პრეპარატის მიმართ, რომლითაც ავადმყოფს გაუკეთდება ანესთეზია. სასუნთქი გზების გადაჭარბებულმა ანესთეზიამ შესაძლებელია მოგვეცეს სასუნთქი ცენტრის დამბლა, რასაც მოჰყვება ასფიქსია.

დიკაინით ორგანიზმის ინტოქსიკაციას ახასიათებს: ფერმკრთალობა, თავბრუსხვევა, ტაქიკარდია, სუნთქვის აჩქარება, გუგების გაფართოება, კიდურების გაცივება, გონების დაკარგვა და კრუნჩხვები. აღნიშნული სიმპტომების გამოვლინება დაკავშირებულია სისხლძარღვების სპაზმთან დიკაინის ზემოქმედებით, რაც თავის მხრივ იწვევს ქსოვილებში ჟანგბადის მიწოდების დაქვეითებას [1].

დ. ბოგატინი [2] ასახელებს სამ შემთხვევას, როდესაც მხოლოდ სასუნთქი გზების ანესთეზია 2%-იანი დიკაინით გახდა მიზეზი ავადმყოფების დაღუპვისა.

ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით, ადგილობრივი ანესთეზიით ნაწარმოები ბრონქოგრაფიის გართულება შესაძლებელია 0,5—2%-ში (როგორც უახლესი, ისე შორეული), რაც გამოირიყვლება ინტუბაციური ნარკოზით ბრონქოგრაფიის დროს (გ. ბოიკოვი [3]).

ამრიგად, ადგილობრივი ანესთეზიის აღნიშნულმა უარყოფითმა მხარეებმა გადაადგმევინა კლინიკისტებს პროგრესული ნაბიჯი—ბრონქოგრაფია ეწარმოებინათ ინტრატრაქეალური ნარკოზით. ბრონქოგრაფია ნარკოზით პირველად



აწარმოა ლიონსმა 1939 წელს. ამჟამად ჩვენში ინტრატრაქეალური ნარკოზით ბრონქოგრაფიის გამოუჩინდა ბევრი თაყვანისმცემელი.

ბრონქოგრაფიის მნიშვნელოვან ბრონქოექტაზიის დიაგნოსტიკაში განსაკუთრებით დიდია. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმას, რომ ბრონქოექტაზია 30%-ში გვხვდება ორივე ფილტვში ერთდროულად, მაშინ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ერთმონენტური ორმხრივი ბრონქოგრაფიის წარმოება, რის განხორციელებაც შეიძლება მხოლოდ ენდოტრაქეალური ნარკოზით—სუნთქვის გამთიშვით.

ილუსტრაციისათვის მოგვყავს ავადმყოფის ისტორიის ამონაწერი.

ავადმყოფი ს., მამაკაცი, 32 წლისა, (ავადმყ. ისტორია № 7717). შემოვიდა კლინიკაში 1965 წლის 22 ხოქმბერს ფილტვის ორმხრივი ბრონქოექტაზიაზე საექცია დიაგნოზით. უჩივის დიდი რაოდენობით სუნთქვის ნახველის გამოყოფას. ავად არის 8 თვეა. გულმკერდის მიმოხილვით რენტგენოგრაფიაზე აღინიშნება ორივე მხარეს ფილტვის სურათის გაძლიერება, განსაკუთრებით მარცხნივ.

დიაგნოზის დასახუტებლად ავადმყოფს ენდოტრაქეალური ნარკოზის ქვეშ გაუკეთდა ერთმონენტური ორმხრივი ბრონქოგრაფია. ბრონქოგრაფიაზე შეყვანილი საკონტრასტო ნივთიერება ავსებს მარჯვნივ ცენტრალურ ბრონქს მთელი თავისი განტოტებებით ცვლილების გარეშე. მარცხენა ფილტვის შუა წილში ჰილუსთან და ქვემო ნახევარში სხვადასხვა ზომის ჩირქოვროვება. ერთი ღრუ შედარებით დიდი ზომისაა, დაახლოებით 4—5 სმ (იხ. სურ. 1).

ამრიგად, ორმხრივმა ერთმონენტურმა ბრონქოგრაფიამ საშუალება მოგვცა დაგვედგინა დაავადების ცალმხრივობა და თავიდან ააცილა ავადმყოფს შემდგომი ამოკვლევები. საანესთეზიო საშუალებად მოწოდებულა თიობარბიტურატების ინტრავენურად შეყვანა. გამონაკლისს წარმოადგენენ ავადმყოფები ბრონქიალური ასთმით, სადაც ბარბიტურატების ხმარება საწინააღმდეგო შედეგს იძლევა. აღნიშნულ შემთხვევაში უძჯობესია საწყის ნარკოზად ეთერა ვინმაროთ.

ენდოტრაქეალური ნარკოზით ბრონქოგრაფიის ღირსებას წარმოადგენს არა მარტო მალახარისხოვანი ბრონქოგრაფიის მიღება, არამედ აგრეთვე მართვითი სუნთქვის დროს სისხლის ოქსიგენაციის სრულყოფილება და ნორმულობა, რაც გამოირიცხულია ადგილობრივი ანესთეზიით ნაწარმოები ბრონქოგრაფიების დროს. ბ. ბანდოლინის [4] მონაცემებით, ბრონქოგრაფიის ადგილობრივი ანესთეზიით წარმოების დროს სისხლში ყანგბადის რაოდენობა 8—15%-ით კლებულობს და მის აღდგენას ჭირდება გარკვეული დრო.

ორმხრივი ერთმონენტური ბრონქოგრაფია ნარკოზით მიმდინარეობს ისევე, როგორც ცალმხრივი ბრონქოგრაფიები — ვართულების გარეშე. ამრიგად, საჭირო შემთხვევებში მიზანშეწონილია ვაწარმოოთ ორმხრივი ბრონქოგრაფია, მიუხედავად იმისა, რომ პროფილური სურათების გადაღება არ შეიძლება.

ავადმყოფებს, რომლებსაც იოდის პრეპარატების მიმართ აქვთ გარკვეული რეაქცია, უძჯობესია ბრონქოგრაფია გაუკეთდეთ ბარიუმის თხიერი ფაფით.

ნარკოზით ნაწარმოები ბრონქოგრაფია ვართულების თვალსაზრისით ნაკლებად საშიშია, ვიდრე ადგილობრივ გაუტკივარებით ჩატარებული ბრონქოგრაფია. ზოგ შემთხვევაში აღინიშნება ფილტვებში არსებული პროცესების დროებითი გამწვავება ტიმპერატურისა და ხველის მომატებით.

ბრონქოგრაფიულ გამოკვლევებს ინტუბაციური ნარკოზით ჩვენ ვატარებთ რენტგენის კაბინეტში. ავადმყოფის მომზადება ბრონქოგრაფიისათვის ხორციელდება მკურნალი ექიმისა და ანესთეზიოლოგის მიერ. 30—40 წუთით ადრე ავადმყოფს უკეთდება ატროპინი და პრომედოლი. 3—5 წუთის ყანგბადის ინგალაციის შემდეგ ინტრავენურად შეგვყავს თიობენტალნატრიუმი და მოორელაქსანტები, რის შემდეგაც წარმოებს ინტუბაცია. ავადმყოფი გადაგვყავს

მართვით სუნთქვაზე ყანგბადის მიწოდებით ფილტვების ჰიპერვენტილაციისა და ოქსიგენაციისათვის. საშუალო ხანგრძლივობის აპნოე დასაშვებია 40—100 წამამდე. მ. დ რ ი ბ ი ნ ს კ ი [5] გვიჩვენებს თიოპენტალნატრიუმის შემდეგ რე-ლაქსაციის მისაღწევად წუთში 1%-იანი დიტელინის 30—40 წვეთის ინტრავენურად შეყვანას. ბრონქოგრაფიის წარმოების შემდეგ დიტელინის შეყვანა წყდება.

დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ ინტუბაციის პერიოდში არტერიული წნევა მატულობს (10—30 მმ სინდიენს სვეტზე), რაც უნდა აიხსნას ტრაქეის რეცეპტორული აპარატის აღზნებით, რომელსაც დიტელინი არ ხსნის; ამავე დროს წნევის მომატებას ხელს უწყობს ნაწილობრივი ჰიპოქსემია. საკონტრასტო ნივთიერებად ვიყენებთ სულფოდიოლის ნაერთს. იმ შემთხვევაში, როდესაც ვაწარმოებთ ორმხრივ ბრონქოგრაფიას, ავადმყოფს ვაწვევთ ზურგზე; ცალმხრივი პათოლოგიის დროს სავალდებულოა ავადმყოფს ინტუბაცია გაუქეთდეს ზურგზე მწოლიარე მდგომარეობაში, ხოლო კონტრასტის შეყვანის დროს საჭიროა ავადმყოფის გადაბრუნება დაავადებული ფილტვის მხარეს, რათა საკონტრასტო მასა არ გადავიდეს მეორე ფილტვში. კონტრასტის რაოდენობა საშუალოდ უნდა იყოს 50 მმ, რათა მივიღოთ ბრონქიალური ხის სტრუქტურის მთლიანი გამოსახულება.

როდესაც საკონტრასტო ნივთიერება არ ავსებს უწყვილეს ბრონქებსა და ალვეოლებს, ესაა ბრონქოგრაფიის ღირსება. ამიტომ საკონტრასტო ნივთიერება უნდა იყოს საკმაოდ სქელი, ხოლო მისი შეყვანა წარმოებდეს ნელა და ხანგრძლივად. კონტრასტის შეყვანისა და რენტგენოგრაფიის შემდეგ საჭიროა კონტრასტის გარკვეული რაოდენობა (შესაძლებლობის ფარგლებში) მაგისტრალური ბრონქებიდან ამოიტუმბოს, რათა ყანგბადის ერთბაშად მიწოდებით ხელი არ შეეფუჭოთ კონტრასტის არასასურველ გადაადგილებას ბრონქიოლებში და ალვეოლებში. საკონტრასტო ნივთიერება ალვეოლებში რამდენიმე თვე რჩება.

ბრონქოგრაფიის ერთ-ერთ მთავარ მიზანს წარმოადგენს ბრონქიალური ხის მთლიანად ავსება საკონტრასტო ნივთიერებით, რაც ავლენს პათოლოგიური კერის ფორმასა და მოცულობას.

ი. ლაზუკი, ე. ჩეხოვა [6] კონტრასტის შეყვანის შემდეგ ბრონქიალური ხეში ურჩევენ ჰაერის დამატებით შეყვანას, რითაც იღებენ ჰაერ-კონტრასტოვანი ბრონქების გამოსახულებას. ჩვენი აზრით, აღნიშნული მეთოდი არ არის სრულყოფილი, ვინაიდან ბრონქებში შეყვანილმა ჰაერმა და საკონტრასტო მასამ შესაძლებელია არაზუსტად გამოავლინოს არსებული პათოლოგიის გამო-სახულება და ხელი შეგვიშალოს დიაგნოზის დადგენაში.

ერთმომენტიანი ორმხრივი ბრონქოგრაფიის ღირსება ძირითადად ისაა, რომ ვართულების საშიშროება მინიმალურია, დადებითი მხარე კი—მრავალი. ერთი მხრივ, ავადმყოფს უხდება ბრონქოგრაფიის ერთხელ გაკეთება, მეორე მხრივ კი, რაც მთავარია, კლინიციუსს საშუალება აქვს ერთ რენტგენოგრაფიაზე შეადაროს ორივე ფილტვის ბრონქიალური ხის სტრუქტურა და დროულად გამოავლინოს პათოლოგია.

ინტრატრაქეალური ნარკოზით ბრონქოგრაფიის პირდაპირ ჩვენებად ითვლება: ბავშვები, ადვილად აღზნებადი ავადმყოფები, პირები, რომლებსაც დიდი რაოდენობით აქვთ ნახველი, ფილტვის დიდი ნაწილის დაავადება. ბრონქიალური ასთმა.

ი. ლაზუკის და ე. ჩეხოვას [6] ერთი და იგივე ავადმყოფებზე ჩატარებული აქვთ ბრონქოგრაფიული გამოკვლევები როგორც ადგილობრივ, ისე ზოგადი გაუტკივარებით. ბრონქოგრაფიის ანალიზმა დაადგინა, რომ ნარკოზით ნაწარმოები ბრონქოგრაფია წარმოადგენს ნათელ ანარეკლს დაავადების



გავრცელებისას, რაც დადასტურდა ოპერაციის დროს; ამას კი მოკლებულია ადგილობრივი ანესთეზიის ნაწარმოებზე ბრონქოგრაფია. აღნიშნულის მიზეზად შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ გაუტყვივარება არასრულყოფილია. ავადმყოფი ცუდად ემორჩილება ექიმის სურვილებს და გადადების დროს უჭირს სუნთქვის შეჩერება. საჭირო რაოდენობით კონტრასტის შეყვანა ბრონქიალურ ხეში სახიფათოა, რადგანაც ბრონქოგრაფიის შემდეგ შეყვანილი კონტრასტის ამოქაჩვა გაძნელებულია; ამას კი ფილტვების პათოლოგიის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს. ბრონქოგრაფიის წარმოება იმ ავადმყოფებში, რომლებსაც აქვთ გამოხატული ფილტვების ემფიზემა და პნევმოსკლეროზი, არ არის სასურველი, რადგანაც საკონტრასტო ნივთიერება იოდოლიპოლი-მოხვედრილი ალვეოლებში, იწვევს ბრონქიალური ასთმის მსგავს შეტევებს. ეს შოვლენა, ალბათ, დავაშირებულა იოდოლიპოლის ზემოქმედებასთან ბრონქებისა და ალვეოლების ინერვაციასზე.

აღნიშნულ შემთხვევებში ჩვენ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ბრონქოგრაფიის წარმოება ბარიუმის თხიერი ფაფის შეყვანით.

ჩვენ მიერ ავადმყოფებზე ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ბრონქოგრაფიიდან ინტრატრაქეალური ნარკოზით (სულ 27 ავადმყოფი, აქედან 18 ფილტვის აბსცესით, 3 ბრონქოექტაზული დაავადება, 4 ფილტვის ექიმოკოკი, 2 ფილტვის კიბო) ერთ-ერთ ავადმყოფს, რომელსაც მიმოზილვით რენტგენოგრაფიაზე გამოხატული ჰქონდა პნევმოსკლეროზი და საექვო იყო აბსცესის არსებობა, გაუყეთდა ბრონქოგრაფია ინტრატრაქეალური ნარკოზით; იოდოლიპოლის შეყვანის შემდეგ გამოღვივების პერიოდში ავადმყოფს განუვითარდა ასთმური მოვლენები და მხოლოდ ნარკოტიზატორის ენერგიულმა ზომებმა გამოიყვანა ავადმყოფი აღნიშნული გართულებიდან.

ა. ბრონშტენისა და ა. კოლესოვს თავიანთ სტატიაში აღწერილი აქვთ ინტრატრაქეალური ნარკოზით ჩატარებული ბრონქოგრაფიების დროს მსუბუქი ბრონქოსპაზმის შემთხვევები, რომლებიც ანესთეზიოლოგების მიერ სწრაფად იყო ლიკვიდირებული.

არანაკლები მნიშვნელობა აქვს დიაგნოსტიკაში ინტრატრაქეალური ნარკოზით წარმოებულ ბრონქოგრაფიას პლევრის ქრონიკული ემპიემების დროს. აღნიშნული გამოკვლევა საშუალებას გვაძლევს, დავადგინოთ ემპიემის ირგვლივ მდებარე ფილტვის ქსილის სტრუქტურული ცვლილებები, განვსაზღვროთ ემპიემის მოცულობა, დავადგინოთ მისი გამომწვევი მიზეზები (ბრონქიალური ფისტულა, პნევმოსკლეროზი და სხვა). ილუსტრაციისათვის მოგვყავს იმ ავადმყოფის ისტორიის ამონაწერი, რომელიც დიდხანს იმყოფებოდა სტაციონარში ქრონიკული პლევრის ემპიემით გართულებული ბრონქიალური ფისტულით.

ოპერაციული ტაქტიკის დადგენის მიზნით საჭირო იყო კოლაბირებულ ფილტვის ბრონქიალური ხის სტრუქტურის დადგენა.

ავადმყოფი, მამაკაცი, 29 წლისა, (ავადმყ. ისტორია № 2043), შემოვიდა კლინიკაში 1965 წლის 17 მარტს დიაგნოზით: მარცხენა პლევრის ღრუს ქრონიკული ემპიემა, ბრონქიალური ფისტულა. დაავადების ხანგრძლიობა—2 წელი. ბრონქიალური ხის სტრუქტურის დადგენის მიზნით და ოპერაციული ტაქტიკის თვალსაზრისით 1965 წ. 22 ოქტომბერს ენდოტრაქეალური ნარკოზით გაცეთდა მარცხენამხრივი ბრონქოგრაფია. ბრონქოგრაფიაზე აღმოჩნდა ორი საკმაოდ დიდი ერთმანეთთან დაკავშირებული ღრუ. ცენტრალური ბრონქი იხსნება ზედა ნარჩენ ღრუში, საიდანაც კონტრასტი ფისტულების საშუალებით გადადის ბრონქიალურ ხეში, რომლის სტრუქტურა არაა დარღვეული. (სურ. 2).



ამრიგად, ბრონქოგრაფიის მონაცემის საფუძველზე დადგინდა, რომ საქმე გვაქვს პლევრის ქრონიკულ ემპიემასთან და ბრონქიალურ ფისტულებთან ბრონქიალური ხის სტრუქტურის შენარჩუნებით.

კ. კრიმოვასა და ვ. სერგეევს [8] ჩატარებული აქვთ 68 ბრონქოგრაფია პლევრის ქრონიკული ემპიემის დროს. ბრონქოგრაფიების ანალიზის საფუძველზე ავტორები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ ბრონქოგრაფია ქრონიკული ემპიემის დროს ქირურგს საშუალებას აძლევს, განსაზღვროს ოპერაციული მკურნალობის ტაქტიკა.



სურ. 1

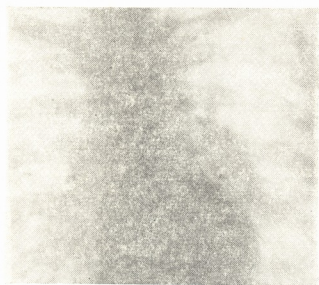


სურ. 2

დადგეხილია, რომ ქრონიკული ემპიემების დროს ნარჩენი ღრუს ირგვლივ ფილტვის ქსოვილში ვითარდება შეუბრუნებელი ცვლილებები პლევროციროზის სახით, რაც თავის მხრივ, დროთა განმავლობაში იწვევს ბრონქიალური ხის სტრუქტურის დარღვევას (ბრონქების გადანაცვლება, დეფორმაცია და შექმუხვნა).

ბრონქოგრაფიის მონაცემების საფუძველზე ქრონიკული ემპიემების დროს კლინიციკოსტს ეძლევა საშუალება, დაადგინოს: ბრონქიალური ხის მდგომარეობა კოლაბირებულ ფილტვში, ბრონქიალური ფისტულების რაოდენობა, მისი ლოკალიზაცია და ხასიათი, რომლებიც ხშირად არიან თანამგზავრნი ემპიემისა. ბრონქოექტაზიებისა და აბსცესების ჩამოყალიბება კოლაბირებულ ფილტვში ხშირად ხელს უწყობენ პლევრის ემპიემის ჩამოყალიბებას. ამავე დროს ბრონქოგრაფიით შესაძლებელია დადგინდეს კოლაბირებულ ფილტვში პნევმოკლეროზის განვითარება, რაც თავის მხრივ, იწვევს ბრონქების მიახლოებას ან დაცილებას და ბრონქიალური ხის სტრუქტურის დარღვევას. აღნიშნული მდგომარეობის გამოვლინებას ოპერაციამდე აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა. იმ შემთხვევაში, თუ ბრონქოგრაფიაზე გამოვლინდება კოლაბირებულ ფილტვში პნევმოკლეროზის მოვლენები, დეკორტიკაციის (პლევრექტომიის) წარმოება არაა იუზანშეწონილი, რადგანაც ფილტვის გაშლა მისი ელასტურობით დაჭვივებით გამო ნარჩენი ღრუს ამოკვებისათვის არ მოხერხდება. აღნიშნულ შემთხვევაში უმჯობესია ქირურგმა აწარმოოს თორაკოპლასტიკური ოპერაცია. იმ შემთხვევაში, როდესაც კოლაბირებულ ფილტვში ვითარდება ბრონქოექტაზიები ან აბსცესები, უმჯობესია პლევრექტომიასთან ერთად გაკეთდეს დაავადებული ფილტვის წილის რეზექცია.

ფილტვის ექინოკოკის დიაგნოსტიკა რენტგენოლოგიურად, ერთი შეხედვით, არ უნდა იყოს ძნელი, მაგრამ გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ ფილტვის ექინოკოკის ზოგიერთ შემთხვევაში რენტგენოლოგიური სურათი არაა ტიპობრივი და დამახასიათებელი ფილტვის ექინოკოკისათვის. აღნიშნულთან დაკავშირებით საჭიროდ მიგვაჩნია, საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ ავადმყოფის ისტორია, როცა ბრონქოგრაფიულმა გამოკვლევამ ცხადჰყო, რომ აღნიშნულ შემთხვევაში საქმე ჰქონდა ფილტვის ცისტომასთან და არა სხვა ფილტვის ან შუასაყრის რაიმე პათოლოგიასთან.



სურ. 3



სურ. 4

ავადმყოფი ვ., მამაკაცი, 40 წლისა (ავადმყ. ისტ. № 6655), შემოვიდა კლინიკაში 1965 წლის 13 ოქტომბერს, გულმკერდის მარცხენა ნახევარში უჩივის ტკივილებს, რომელიც ხველის დროს უძლიერდება, ავადმყოფობის ხანა — რამდენიმე წელი.

სტაციონარში ავადმყოფს ჩაუტარდა რენტგენოლოგიური და ლაბორატორიული გამოკვლევები. კაცონის რეაქცია — უარყოფითი. სისხლში ეოზინოფილები არ აღინიშნება.

16 ნოემბერს გულმკერდის მიმოხილვით რენტგენოგრაფიაზე ჰილუსის არეში მოჩანს ბატის კვარცხისოდენა, კონტურებდაკბილული ჩრდილი, რაც გადადის გულის ჩრდილში შუასაყარისაკენ. რენტგენოლოგიური სურათის მიხედვით შეიძლება ვიფიქროთ, რომ სიმსივნე მდებარეობს შუასაყარში ან ფილტვში (სურ. 3). დიაგნოზის დასადგენად საჭიროა ბრონქოგრაფიის გაკეთება. 20 ნოემბერს ინტრატრეჩეალური ნარკოზის ქვეშ ნაწარმოებია ბ რ ო ნ ქ ო გ რ ა ფ ი ა. შეყვანილი საკონტრასტო ნივთიერება კარგად ავსებს მარცხენა ცენტრალურ ბრონქს მთელი ძისი განტოტებებით, სადაც იქმნება შთაბეჭდილება, რომ მარცხნივ ჰილუსის არეში ბრონქი გარს უვლის რაღაც კისტოზურ წარმონაქმნს. ბრონქების სანათურის სტრუქტურა არაა შეცვლილი (იხ. სურ. 4).

დასკვნა: მიუხედავად იმისა, რომ სისხლში ეოზინოფილები არ არის, კაცონის რეაქცია უარყოფითია, მიმოხილვით გულმკერდის რენტგენოგრაფიაზე სიმსივნური წარმონაქმნის კიდევები დაკბილულია, ხოლო ბრონქოგრაფიული გამოკვლევებით ზემოთ აღნიშნული სიმსივნე არაა უშუალო კავშირში ბრონქებთან. უნდა ვიფიქროთ, რომ აღნიშნულ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ფილტვის ცისტომასთან.

16 ნოემბერს ავადმყოფს გაუკეთდა ოპერაცია, სადაც აღმოჩნდა ფილტვის ექინოკოკი. გაკეთდა ექინოკოკექტომია. ავადმყოფი გაეწერა კლინიკიდან და-საკმაყოფილებელი მდგომარეობით.

ამრიგად, ნათლად ჩანს, თუ რა დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ბრონქოგრაფიას ფილტვების პათოლოგიის დადგენაში; აღნიშნულის განსაზო-ციებლად გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მაღალკვალიფიციურ ბრონ-ქოგრაფიას ინტუბაციური ნარკოზით, როდესაც ანესთეზიოლოგს საშუალება აქვს საჭირო შემთხვევაში შეაჩეროს სუნთქვა და რენტგენოლოგმა აწარმოოს სურათების გადაღება.

ჩვენ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია კვალიფიციურ სამედიცინო დაწესებუ-ლებებში, სადაც ანესთეზიოლოგიური სამსახური მაღალ დონეზეა დაყენებული, ბრონქოგრაფია ტარდებოდეს ინტუბაციური ნარკოზით, რაც საშუალებას მოგვ-ცემს უმეტდომოდ გამოვავლინოთ ფილტვებში არსებული პათოლოგია.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 15.12.1965)

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

М. Э. КОМАХИДЗЕ, Л. Г. ДВАЛИ, Р. Д. ТОЛОРАЯ, Н. Ш. ДЖЕДЖЕЛАВА,  
М. Б. ГОГИАШВИЛИ

### БРОНХОГРАФИЯ ПОД ЭНДОТРАХЕАЛЬНЫМ НАРКОЗОМ ПРИ ПАТОЛОГИИ ЛЕГКИХ

#### Резюме

В патологии легочных заболеваний большое диагностическое значение имеет контрастное исследование трахео-бронхиального дерева с целью уточнения структурных изменений бронхов и паренхимы легкого. Бронхографию производят под местной анестезией (дикаин, кокаин) или под эндотрахеальным наркозом с исключением дыхания. На основании клинических наблюдений мы убедились, что бронхография, произведенная под местной анестезией, не отвечает требованиям, предъявляемым к столь сложному методу исследования. Передозировка анестезирующего вещества влияет на дыхательный центр, вызывая асфиксию. Недостаточная анестезия слизистой дыхательной системы не позволяет достаточно исследовать бронхиальное дерево, так как больной на введение контраста в бронх отвечает кашлем. Вышесказанное побудило клиницистов производить бронхографию под эндотрахеальным наркозом, учитывая, что в данном случае вмешательство является менее опасным—в смысле осложнений. Кроме того, можно производить одномоментную двухстороннюю бронхографию. Бронхографические снимки, полученные при исключении дыхания, являются истинным отображением патологии в легком, что подтверждается на операционном столе. Следует отметить, что при бронхографии под наркозом оксигенация крови не понижается и держится на исходных цифрах.

Ценность качественной бронхографии неумалима в диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей легких, когда картина структуры бронхиального дерева имеет решающее значение для уточнения диагноза.

При хронических эмпиемах плевры бронхография дает возможность хирургу определить и уточнить изменения, происходящие в коллабированном легком, выявить наличие пневмосклероза, абсцесса или бронхоэктазии. Тщательное предварительное обследование больного дает возможность избрать наиболее верный путь хирургического вмешательства при данной патологии.

Настоятельно рекомендуем лечебным учреждениям, в которых анестезиологическая служба стоит на должной высоте, производить бронхографию под эндотрахеальным наркозом, что даст возможность безошибочно установить существующую патологию в легком.

#### დასომხებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Виннер. Осложнения и причины неудач при бронхографии. Актуальные вопросы фтизиатрии. Свердловское научное общество врачей-фтизиатров, вып. I, 1963, 117 — 122.
2. Д. Я. Богатин. О некоторых опасностях и осложнениях при бронхографии и их предупреждении. Патология кровообращения и дыхания. Новокузнецкий институт усовершенствования врачей, Кимеро, 1962, 158 — 164.
3. Г. А. Бойков, Б. С. Уваров, Л. А. Пяит, З. Л. Любачева. Особенности общей анестезии и бронхографии у детей младшего возраста. Хирургия, 1961, 4, 27 — 31.
4. Б. Н. Бандалин, Г. Л. Рубанович, К. Ф. Ширяева. Бронхография под наркозом у детей. Хирургия, 6, 1962, 50 — 56.
5. М. Б. Дрибинский, В. А. Климанский, В. Г. Лазарева, Е. А. Ляхова. Бронхография под внутривенным наркозом с интубацией трахеи. Хирургия, 4, 1961, 38 — 42.
6. И. И. Лазюк, Е. И. Чехова, Г. Л. Рубанович. Одномоментная двухсторонняя бронхография под наркозом при гнойных заболеваниях легких. Здравоохранение Белоруссии, 1. 1965. 43 — 46.
7. К. Б. Крымова, В. М. Сергеев. Бронхография при хронических эмпиемах плевры. Грудная хирургия, 6, 1961, 77 — 85.

კლინიკური მდიცინა

თ. ჟორჟოლაძე

სკოლიოზის მქონე ბავშვთა ორბანიზმის ფიზიკური ბანვითარებისა და საერთო ფიზიკური მომზადების ზომიერთი მაჩვენებლის შესწავლის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ჯრისთავმა 28.2.1966)

ცნობილია, რომ ჯანმრთელ ბავშვთა და მოზარდთა შორის ფიზიკური ვანვითარება და საერთო ფიზიკური მომზადების საკითხი შედარებით კარგადაა შესწავლილი. ეს არ შეიძლება ითქვას სხვადასხვა სახის ჯანმრთელობის მდგონარეობის გადახრის მქონე ბავშვთა მიმართ.

ამ მხრივ განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს ხერხემლის დეფორმაციების მქონე, კერძოდ კი სკოლიოზიან ბავშვებში, ფიზიკური ვანვითარებისა და ფიზიკური მომზადების შესწავლა.

ჩვენ გამოვიკვლიეთ 274 სკოლიოზის მქონე და 150 ჯანმრთელი ბავშვი ასაკით 7—16 წელი. მათ შორის I ხარისხის სკოლიოზი ჰქონდა 132, ხოლო II ხარისხის 142 ბავშვს. სულ გოგონები შეადგენდნენ 238 (სკოლიოზიანები—181, ჯანმრთელები—57), ხოლო ვაჟები—186 (სკოლიოზიანები—93, ჯანმრთელები—93).

ჩვენ მიერ გამოკვლეული კონტიგენტი გოგონებისა და ვაჟების მიხედვით დაყავით ოთხ ასაკობრივ ჯგუფად: 1 ჯგუფი—7—9 წ.; 2 ჯგუფი—10—11 წ.; 3 ჯგუფი—12—14 წ.; 4 ჯგუფი—15—16 წ.

გარდა ჩვეულებრივი კლინიკური გამოკვლევისა, ბავშვებს უტარდებათ: ანტროპომეტრია (სიმაღლე, წონა, გულმკერდის გარშემოწერილობა), ესაზღვრებოდათ მაჯისცემა და არტერიული სისხლის წნევა სხვადასხვა ფიზიკურ დატვირთვასთან დაკავშირებით. ჩვენ მიერ მიღებული ყველა მონაცემი დამუშავებულია ვარიაციულ-სტატისტიკური მეთოდით.

ფიზიკური მომზადების შესწავლის მიზნით გამოყენებული იყო: სირბილი 30 მეტრზე, ხტომა სიკრძეზე ადგილიდან, რგოლებზე ტანის აკიშვა, ხელებზე დაყრდნობით იატაკიდან მაქსიმალურად ტანის ატანა და ბუქნის შესრულება.

მიღებული მონაცემების ანალიზიდან, ჩანს, რომ სხეულის წონის მხრივ როგორც გოგონებში, ისე ვაჟებში ძირითადად ჯანმრთელები ჭარბობენ სკოლიოზიანებს, სადაც განსაკუთრებით იგრძნობა II ხარისხის სკოლიოზიანი ბავშვების წონაში ჩამორჩენა.

იგივე სურათი იქნა მიღებული სხეულის სიმაღლის მხრივ. გამონაკლისს შეადგენდა გოგონებში მე-2 ჯგუფი, სადაც როგორც წონის, ისე სიმაღლის მხრივ I ხარისხის სკოლიოზის მქონე ბავშვები ჭარბობდნენ ჯანმრთელებს.

გულმკერდის გარშემოწერილობა (პაუზის მდგომარეობაში) გოგონებში—ჯანმრთელებს უფრო მეტი ჰქონდათ 1-ლ და მე-3 ჯგუფში, ხოლო მე-2 და



განსაკუთრებით, მე-4 ჯგუფში ფიზიკური განვითარების ეს მაჩვენებელი შედარებით მეტი აღმოჩნდა სკოლიოზიანებში. აღსანიშნავია, რომ მე-4 ჯგუფში II ხარისხის სკოლიოზის მქონე ბავშვების გულმკერდის პერიმეტრის ეს მაჩვენებელი გარკვეულად ჭარბობდა I-ლი ხარისხის სკოლიოზიანებს.

ვაყებში, ყველა ასაკობრივ ჯგუფში, გულმკერდის გარშემოწერილობა, ჭარბობდა ჯანმრთელებში სკოლიოზიანებთან შედარებით (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ჯანმრთელ და სკოლიოზის მქონე ბავშვთა ფიზიკური განვითარების ხოჯიერთი მონაცემი

გამოკვეთილი კონტინენტი	ჯგუფები ასაკის მიხედვით	№	სიმაღლე		წონა		გულმკერდის გარშემოწერილობა (პალუხა)	
			M ± m	±σ	M ± m	±σ	M ± m	±σ
ჯანმრთელები	7-9 წ. -1	18	132,1 ± 1,22	5,25	29,1 ± 1,10	4,74	64,2 ± 0,89	3,81
	10-11 წ. -2	13	140,8 ± 2,60	9,36	38,8 ± 2,17	7,80	70,1 ± 1,91	6,86
	12-14 წ. -3	13	155,6 ± 1,07	3,85	48,8 ± 2,51	9,05	77,6 ± 1,33	4,78
	15-16 წ. -4	13	159,6 ± 1,94	6,97	50,0 ± 1,94	6,97	78,0 ± 0,98	3,54
I ხარისხით	7-9 წ. -1	20	129,1 ± 4,30	15,30	27,3 ± 0,98	4,39	61,9 ± 0,59	2,65
	10-11 წ. -2	12	146,0 ± 2,02	7,07	40,7 ± 2,17	7,59	72,9 ± 2,08	7,28
	12-14 წ. -3	29	148,2 ± 4,80	25,91	47,7 ± 2,59	13,97	78,1 ± 1,10	5,92
	15-16 წ. -4	30	159,8 ± 1,13	6,22	51,3 ± 1,52	8,33	78,7 ± 1,08	5,92
II ხარისხით	7-9 წ. -1	12	127,7 ± 2,24	7,85	26,7 ± 1,68	5,89	62,1 ± 0,65	2,29
	10-11 წ. -2	12	140,5 ± 2,29	8,01	33,5 ± 1,57	5,51	67,0 ± 1,28	4,47
	12-14 წ. -3	34	152,2 ± 1,24	7,17	43,7 ± 1,04	6,06	74,8 ± 0,73	4,24
	15-16 წ. -4	32	157,6 ± 0,92	5,25	51,9 ± 1,19	6,77	79,9 ± 0,74	4,24

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, საერთოდ, წონისა და სიმაღლის მხრივ, სკოლიოზიანი ბავშვები ძირითადად ჩამორჩებიან იმავე ასაკის ჯანმრთელ ბავშვებს. გოგონების მე-2 ჯგუფში მიღებული საწინააღმდეგო სურათი შესაძლებელია იმ გარემოებით აიხსნას, რომ ამ ჯგუფში აღმოჩნდნენ საერთოდ ფიზიკურად უკეთესად განვითარებული ბავშვები.

ჯანმრთელებთან შედარებით, სკოლიოზიანი ბავშვების წონაში ჩამორჩენა ძირითადად მათ მიერ წარმოებული ყოველდღიური ვარჯიშის ზეგავლენით უნდა იქნეს ახსნილი, რომლის დროსაც, როგორც ცნობილია, სხეულის წონა გარკვეულად იწყებს დაკლებას. რაც შეეხება სკოლიოზიანების სიმაღლეში ჩამორჩენას, ეს კი ძირითადად ხერხემლის დეფორმაციას უნდა მიეწეროს.

თუ გულმკერდის გარშემოწერილობა ვაყების ყველა ასაკობრივ ჯგუფში ჭარბობდა სკოლიოზიანებს, იგივე არ ითქმის გოგონების მხრივ. ცნობილია, რომ საერთოდ გოგონები 12—16 წლის ასაკში, ვაყებთან შედარებით, ნაკლებად ეწევიან ფიზიკურ ვარჯიშს, ამიტომ ჩვენს შემთხვევაში მიღებული ჯანმრთელი გოგონების გულმკერდის უფრო ნაკლები პერიმეტრი, სკოლიოზიანებთან შედარებით, უნდა აიხსნას მათ მიერ ყოველდღიურად და სისტემატურად კორეგირებული ტრავარჯიშის წარმოებით. აქვე საჭიროა აღინიშნოს ისიც, რომ ვინაიდან II ხარისხის სკოლიოზიანებს უფრო მეტი ხნის განმავლობაში (1,5 წელი)

უხდებოდათ სამკურნალო ფიზკულტურით (კორეგირებული ტანვარჯის გავრცე-  
თილით) მკურნალობა, ამიტომ მათ, I ხარისხის სკოლიოზიანებთან შედარებით  
(1,0 წელი), გულმკერდის გარშემოწერილობის მაღალი მაჩვენებელი აღმოაჩნ-  
დათ. სკოლიოზის მქონე ბავშვთა საერთო ფიზიკური მომზადების საკითხის  
შესწავლიდან ირკვევა, რომ 30 მეტრზე მანძილის გარბენის დრო სკოლიოზის  
მქონე გოგონებს (1-ლი, მე-2 და მე-4 ჯგუფებში), ჯანმრთელებთან შედარებით,  
უკეთესი მაჩვენებლები ჰქონდათ. თვით I და II ხარისხის სკოლიოზიან გოგო-  
ნებს შორის ფიზიკური მომზადების ამ მონაცემის მხრივ ერთნაირი სურათი  
როდი მივიღეთ. რაც შეეხება ვაჟებს, აქ პირიქით, ჯანმრთელები ამ მანძილს  
გარბოდნენ უფრო სწრაფად, ვიდრე სკოლიოზიანები.

ადგილიდან სიგრძეზე ხტომის დროს სკოლიოზის მქონე გოგონებმა ჯანმრ-  
თელებთან შედარებით უკეთესი შედეგები აჩვენეს, ხოლო თვით I და II ხა-  
რისხის სკოლიოზიანებს შორის რაიმე დამახასიათებელი სურათი ვერ მივი-  
ღეთ. ვაჟებში, 1-ლ და მე-2 ჯგუფებში სკოლიოზიანებს ჰქონდათ უკეთესი მო-  
ნაცემები, ხოლო მე-3 და 4 ჯგუფებში, პირიქით, ჭარბობდნენ ჯანმრთელები.

აღნიშნული მდგომარეობა ძირითადად მკურნალობაში არადიფერენცი-  
რებული მეთოდის გამოყენებით უნდა აიხსნას, რაც მოითხოვს კორეგირებული  
ტანვარჯიშის მეთოდის ზოგიერთი პრინციპული საკითხის ხელახლად გადა-  
ხედვას.

30 მეტრზე სწრაფი სირბილისა და ადგილიდან სიგრძეზე ხტომის მონაცე-  
მებიდან ნათლად ჩანს, რომ სკოლიოზის მქონე გოგონები, ვინაიდან ისინი  
ჯანმრთელებთან შედარებით, უფრო აქტიურად ეწევიან ფიზიკური ვარჯიშით  
მეცადინეობას, ფიზიკური მომზადების ეს თვისებები უკეთესადაა გამოხა-  
ტული.

ვაჟების მხრივ მიღებული პირიქითი სურათი ძირითადად უნდა აიხსნას,  
ჯანმრთელების მიერ, სკოლიოზიანებთან შედარებით, უფრო დინამიკური ფი-  
ზიკური ვარჯიშების (სირბილი, ბურთის თამაში და სხვა) წარმოებით, რაც მათ  
მიერ როგორც სკოლის, ისე სკოლის გარეშე პიორბებში ტარდება.

მაქსიმალურად შესრულებული ბუქნის რაოდენობათა მონაცემებიდან აღ-  
სანიშნავი აღმოჩნდა ის ფაქტი, რომ გოგონებში II ხარისხის სკოლიოზის მქო-  
ნე ბავშვები, ძირითადი ფიზიკური მომზადების ამ ნიშნის ყველაზე უკეთეს  
მონაცემს იძლეოდნენ, რაც მათ მიერ წარმოებული კორეგირებული ფიზიკუ-  
რი ვარჯიშის სპეციფიკურ ზეგავლენას შეიძლება მიეწეროს.

ამასთან ერთად აღსანიშნავია, რომ გოგონებში მაქსიმალურად შესრულე-  
ბული ბუქნის დროს ადგილი ჰქონდა გულ-სისხლძარღვთა სისტემის მხრივ ჯან-  
მრთელებში, სკოლიოზიანებთან შედარებით, უფრო უკეთესი რეაქციის (მაჯის-  
ცემის ნაკლებად გახშირება და მინიმალური არტერიული წნევის დაქვეითება)  
გამოვლინებას.

ვაჟების მხრივ 1-ლ, მე-2 და მე-3 ჯგუფებში ჯანმრთელებში ბუქნთა უფ-  
რო მეტი რაოდენობა აღინიშნებოდა, ხოლო მაჯისცემისა და არტერიული სისხ-  
ლის წნევის რეაქციის მხრივ თითქმის იგივე სურათია (ცხრილი 2).



რგოლებზე ტანის აჭიმვათა რაოდენობიდან ირკვევა, რომ გოგონებში სკოლიოზიანებს ჯანმრთელები ჩამორჩებოდნენ მე-3 და მე-4 ჯგუფებში, ხოლო მე-2 ჯგუფში იყო პირიქით. ვაჟების მხრივ სკოლიოზიანებში უკეთესი მაჩვენებელი აღინიშნებოდა, ჯანმრთელებთან შედარებით (გარდა მე-4 ჯგუფისა).

ცხრილი 2

სკოლიოზის მქონე ბავშვთა ფიზიკური მომზადების ზოგიერთი მონაცემი

გამოკვლეული კონტინენტი	ჯგუფები ასაკის მიხედვით	№	სიბრლი 30 მეტრზე		სიგრძეზე სტომა		მაქსიმალურად შესრულებული ბუქნათა რაოდენობა	
			M ± m	±σ	M ± m	±σ	M ± m	±σ
ჯანმრთელები	7-9 წ.	18	6,9±0,19	0,82	109,3±6,52	28,02	27,0±2,51	9,07
	10-11 წ.	13	7,1±90,17	0,62	94,5±14,62	52,62	26,5±2,51	4,51
	12-14 წ.	13	6,5±0,32	1,14	137,8±6,50	23,40	24,9±1,25	5,37
	15-16 წ.	13	6,6±0,17	0,62	132,2±5,98	21,53	35,1±1,49	
I ხარისხით	7-9 წ.	20	7,2±0,14	0,71	117,2±2,38	12,14	23,1±1,93	9,84
	10-11 წ.	12	7,0±0,16	0,62	112,5±8,59	32,66	23,4±2,37	8,89
	12-14 წ.	29	6,5±0,14	0,91	139,1±2,76	13,37	32,5±2,07	12,93
	15-16 წ.	30	6,2±0,12	0,71	148,4±3,56	21,01	31,7±1,40	8,29
II ხარისხით	7-9 წ.	12	5,9±0,70	2,60	122,6±2,36	16,12	27,1±2,11	7,91
	10-11 წ.	12	6,5±1,52	5,62	135,1±6,04	22,36	27,4±2,66	9,96
	12-14 წ.	34	7,9±0,52	3,23	136,5±2,62	16,26	26,5±2,46	15,18
	15-16 წ.	32	6,4±0,18	1,01	144,3±3,08	17,57	34,1±1,82	10,49

ცხრილი 3

სკოლიოზის მქონე ბავშვთა ფიზიკური მომზადების ზოგიერთი მონაცემი

გამოკვლეული კონტინენტი	ჯგუფები ასაკის მიხედვით	№	რგოლებზე ტანის აჭიმვათა რაოდენობა		იატაკზე ხელების დაყრდნობით ტანის ატანათა მაქსიმალური რაოდენობა	
			M ± m	±σ	M ± m	±σ
ჯანმრთელები	7-9 წ.	18	3,3±0,40	1,69	3,7±0,34	1,52
	10-11 წ.	13	6,1±0,32	1,14	4,6±0,52	1,88
	12-14 წ.	13	1,5±0,41	1,46	4,5±0,55	1,98
	15-16 წ.	13	4,1±1,76	6,34	0,1±0,28	1,02
I ხარისხით	7-9 წ.	20	3,8±0,28	1,43	6,9±0,97	4,95
	10-11 წ.	12	3,5±0,36	1,35	8,7±2,11	7,92
	12-14 წ.	29	4,3±0,34	2,12	10,0±0,75	4,71
	16-16 წ.	30	5,5±0,38	2,24	10,3±0,75	4,44
II ხარისხით	7-9 წ.	12	4,2±0,54	1,98	6,6±0,46	1,71
	10-11 წ.	12	4,5±0,41	1,51	12,5±1,06	3,94
	12-14 წ.	34	5,3±0,33	2,02	11,3±1,19	7,37
	15-16 წ.	32	4,7±0,41	2,32	12,5±1,05	6,03

ამ ფიზიკურ დატვირთვისთან დაკავშირებით მაქსიმუმის სიხშირის მხრივ რაიმე დამახასიათებელი სურათი არ აღმოჩნდა.



მაქსიმალურად შესრულებული ისეთი ფიზიკური დატვირთვის შემთხვევაში, როგორცაა იატაკზე ხელების დაყრდნობით ტანის ატანათა რაოდენობა, გოგონებსა და ვაჟებს შორის თითქმის ერთნაირი სურათი მოგვცა. ამ შემთხვევაში, ჯანმრთელებთან შედარებით, სკოლიოზიანებს აღმოაჩნდათ უფრო მაღალი მაჩვენებელი, ხოლო II ხარისხის სკოლიოზის მქონე ბავშვებმა უფრო მეტი რაოდენობით შესძლეს ტანის ატანა, ვიდრე I ხარისხის სკოლიოზიანებმა (კხრილი 3).

ამ ფიზიკური დატვირთვის შემთხვევაშიც სკოლიოზის მქონე ბავშვებმა, ჯანმრთელებთან შედარებით გამოავლინეს გულ-სისხლძარღვთა სისტემის ატიპიური რეაქცია.

ირკვევა, რომ, თუ სირბილსა და ხტომაში, აგრეთვე, მაქსიმალურად წარმოებულ ბუქნის მხრივ ძირითადად ჯანმრთელი ვაჟები, სკოლიოზიანებთან შედარებით, იძლეოდნენ უფრო უკეთეს მონაცემებს, ძალისმიერი ტიპის ვარჯიშების შემთხვევაში (რგოლებზე ტანის აკიშვა და იატაკზე ხელების დაყრდნობით ტანის ატანა) სკოლიოზის მქონე ბავშვებში აღინიშნებოდა პირიქით.

### დასკვნები

1. სკოლიოზის მქონე ბავშვთა ფიზიკური განვითარების ისეთი ნიშნები, როგორცაა სიმაღლე, წონა და გულმკერდის გარშემოწერილობა, იმავე ასაკის ჯანმრთელ ბავშვებთან შედარებით, გარკვეულად ჩამორჩება, ხოლო სამკურნალო ფიზიკულტურის მეთოდით ხანგრძლივ მკურნალობასთან დაკავშირებით ისინი თანდათან უახლოვდებიან ნორმას.

2. საერთო ფიზიკური მომზადების მხრივ, ჯანმრთელებთან შედარებით, სკოლიოზიანი ბავშვები ძალისმიერი ტიპის ვარჯიშებს (ტანის აკიშვა) ასრულებენ უფრო ძლიერად, მაშინ, როდესაც სისწრაფის (სირბილი 30 მეტრზე), სიმარდის (ხტომა ადგილიდან სიგრძეზე) და გამძლეობის (მაქსიმალური შესრულებული ბუქნი) მხრივ ისინი გარკვეულად ჩამორჩებიან.

3. ჯანმრთელებთან შედარებით, სკოლიოზის მქონე ბავშვები მაქსიმალური ინტენსივობით ფიზიკური ვარჯიშის დროს, ავლინებენ გულ-სისხლძარღვთა სისტემის ე. წ. ატიპობრივ რეაქციას, რაც მაჯისცემის უფრო მეტად გახშირებასა და დიასტოლური არტერიული სისხლის წნევის მომატებით გამოიხატა.

4. ვინაიდან 12—16 წლის ასაკში ჯანმრთელი გოგონები ნაკლებად ეწევიან ფიზიკურ ვარჯიშს, ამიტომ მათ სისტემატურად მოვარჯიშე სკოლიოზის მქონე ბავშვებთან შედარებით აღენიშნებათ ჩამორჩენა საერთო ფიზიკური მომზადების მხრივ.

5. ვგონებდა, რომ საშუალო სკოლებში სადღეისოდ, ვაჟებთან შედარებით, გოგონების საერთო ფიზიკური მომზადების საქმე ჯერ კიდევ გარკვეულად ჩამორჩენილია.

პედიატრიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.2.1966)

Т. К. ЖОРЖОЛАДЗЕ

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ  
ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ОРГАНИЗМА ДЕТЕЙ СО  
СКОЛИОЗОМ

## Резюме

Особый интерес представляет изучение физического развития и физической подготовленности детей с деформированным позвоночником, в частности со сколиозом. Нами всего было исследовано 274 больных со сколиозом и 150 здоровых в возрасте 7—16 лет.

Сколиоз I степени был у 132, а II степени — у 142 детей. Число девочек составляло 238 (со сколиозом — 181, здоровых — 57), а мальчиков — 186 (со сколиозом — 93, здоровых — 93).

Контингент исследованных нами девочек и мальчиков разделен на четыре возрастные группы: первая группа — 7—9 лет, вторая — 10—11 лет, третья — 12—14 лет и четвертая — 15—16 лет.

Кроме обычного клинического исследования, детям проводили антропометрию (вес, рост, окружность грудной клетки), определение пульса и артериального кровяного давления в связи с различной физической нагрузкой. Все полученные нами данные были обработаны вариационно-статистическим методом.

С целью изучения физической подготовки применяли бег на 30 м, прыжки в длину с места; подтягивание туловища на кольцах, выполнение максимального поднятия туловища с пола, опираясь на руки, и приседание.

Такие признаки физического развития детей со сколиозом, как рост, вес и окружность грудной клетки, по сравнению с теми же признаками у здоровых детей того же возраста, претерпевают определенное отставание, но в связи с длительным проведением лечебной физкультуры они постепенно приближаются к норме.

Со стороны общей физической подготовленности дети со сколиозом, по сравнению со здоровыми, выполняют силовые упражнения (подтягивание туловища) более сильно, тогда как со стороны быстроты (бег на 30 м), ловкости (прыжки в длину с места) и выносливости (приседание, выполненное максимально) определенно отстают от них.

По сравнению со здоровыми, дети со сколиозом при проведении физических упражнений с максимальной интенсивностью проявляют так называемую атипичную реакцию сердечно-сосудистой системы, что выра-

ჯაებას ვაუაშენი პულსა ი პოვუენი დიასტოლიჩესკოგო არტერიალნოგო კროვანოგო დავლენია.

ვვიდუ თოგო ჩო ჯლოვუე დეოოჩკი ვ ვოზრასე 12 — 16 ლეტ მენუე ჯანიაოუა ფიზიჩესკიმი უპრაჯნენიამი, უ ნიხ, პო სრავნენიუ ს დეტუმი სო სკოლიოზო, სისტემატიჩესკი ჯანიაოუიმი სი ფიზიჩესკიმი უპრაჯნენიამი, სო სტორონი ობუეი ფიზიჩესკოი პოდგოთოვლენნოსტი ოტმეჩაება ოტსტაენიე. ვუაეალებუა, ჩო ვ სრედნიხ შკოლახ ნა სეგოდნია ობუაა ფიზიჩესკაა პოდგოთოვკა დეოოჩეკ, პო სრავნენიუ ს მაღლიჩკაიმი, ვსე ეშე ჯნაჩიტელნო ოტსტაეა.

მთ. რედაკტორი—საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
აკადემიკოსი რ. დვალი

Гл. редактор—академик Академии наук Грузинской ССР  
Р. Р. Двали

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.4.1966; შეკვ. № 427; ანაწყოების ზომა  $7 \times 11$ ;  
ქაღალდის ზომა  $70 \times 108$ ; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 18,0,  
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 16,0; უე 02293; ტირაჟი 1400

Подписано к печати 29.4.1966; зак. № 427; размер набора  $7 \times 11$  размер  
бумаги  $70 \times 108$ ; количество уч.-изд. листов 18,0; количество печатных  
листов 16,0; УЭ 02293; тираж 1400

---

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი, გ. ტაბიძის ქ. № 3/5

Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси, ул. Г. Табидзе 3/5



მათემატიკა — МАТЕМАТИКА — MATHEMATICS

Г. Н. Тевзадзе. О паре сопряженных аффинных связностей, индуцируемых на поверхности проективного пространства  $P_3$  . . . . . 257

\*გ. თევზაძე. შეუღლებულ აფინურ ბმულობათა წყვილის შესახებ, რომლებიც ინდუცირებული არიან  $P_3$  პროექციული სივრცის ზედაპირზე . . . . . 264

О. Д. Церетели. Замечание к одной теореме Зигмунда . . . . . 265

\*ო. წერეთელი. შენიშვნა ზიგმუნდის ერთ თეორემაზე . . . . . 267

Г. С. Табидзе. Операторы для описания алгоритма выделения названий объектов . . . . . 269

\*გ. ტაბიძე. ოპერატორები ობიექტის დასახელებათა გამოყოფის ალგორითმის აღსაწერად . . . . . 275

А. Д. Шаташвили. Абсолютная непрерывность гауссовских мер в некоторых функциональных пространствах . . . . . 277

\*ა. შათაშვილი. გაუსის ზომების აბსოლუტური უწყვეტობა ზოგიერთ ფუნქციონალურ სივრცეებში . . . . . 284

И. А. Торошелидзе. Об асимптотическом представлении решений некоторых систем нелинейных дифференциальных уравнений . . . . . 285

\*ი. ტოროშელიძე. არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა ზოგიერთი სისტემის ამონხების ასიმპტოტური წარმოდგენის შესახებ . . . . . 292

კიბერნეტიკა — КИБЕРНЕТИКА — CYBERNETICS

Ш. Л. Бебиашвили, Т. Г. Жгенти, О. М. Намичейшвили. Об оптимализации метода увеличения всхожести семян резервированием . . . . . 293

\*შ. ბებიაშვილი, თ. ჯგენტი, თ. ნამიჩეიშვილი. ოპტიმალური დარეზრეგების შესახებ თესვითა აღმოცენების ალბათობის გაზრდისათვის . . . . . 296

ფიზიკა — ФИЗИКА — PHYSICS

Р. Н. Салия. Ускоренное движение и обобщенные преобразования Лоренца . . . . . 297

\*რ. სალია. აჩქარებული მოძრაობა და ლორენცის განზოგადებული გარდაქმნები . . . . . 303

Ш. М. Мирианашвили, Д. И. Напобашвили, З. Г. Размадзе. О возможности трансмутационного легирования антимонида индия . . . . . 305

\*შ. მირიანაშვილი, ჯ. ნაპობაშვილი, ზ. რაზმაძე. ინდიუმის ანტიმონიდის ტრანსმუტაციური ლეგირების შესაძლებლობის შესახებ . . . . . 310

М. А. Коломийцев, П. Д. Гамкрелидзе. Мечение аспарагиновой кислоты горячими атомами тринтия . . . . . 311

\*მ. კოლომიცევი, ც. გამყრელიძე. ასპარაგინის მკეას დანიშვნა თრითიუმის ცხელი ატომებით . . . . . 314

ქიმია — ХИМИЯ — CHEMISTRY

ქრ. არეშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), გ. ჩივაძე. სინთეზური ცეოლითით გამოყოფილი ნ. ალკანების გარდაქმნა მარილის მკეავითა და ქრომის კლორიდით დამუშავებულ გუმბრინზე . . . . . 315

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური გკუთვნის წინა წგარილის 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.



\*X. ი. არეშიძე (член-корреспондент АН ГССР), Г. О. Чивадзе. Превращение синтетическим цеолитом выделенных н. алканов на гумбрине обработанном соляной кислотой и хлористым хромом . . . . . 321

Г. Е. Качейшвили, Н. И. Пирцхалава, Г. Д. Джиошвили. Взаимодействие бортриалкилов с циклогексилмагнийбромидом . . . . . 323

\*გ. ყაჭვიშვილი, ნ. ფირცხალავა, გ. ჯიოშვილი. ბორტრიალკილების ურთიერთქმედება ციკლოპექსილმაგნიუმბრომიდთან . . . . . 325

М. С. Мерабишвили, Т. В. Панцулая, Т. Н. Бегнашвили. К вопросу вскрытия аналитических песчаников серной кислотой . . . . . 327

\*მ. შერაბიშვილი, თ. ფანცულაია, თ. ბეგიშვილი. ანალიტიკური ქვიშაქვის გოგირდმჟავით გახსნის საკითხისათვის . . . . . 331

М. Е. Модебадзе, Е. Г. Давиашвили. Исследование взаимодействия  $YCl_3$  с  $Rb_2C_2O_4$  и  $Cs_2C_2O_4$  в водных растворах . . . . . 333

\*მ. მოდებაძე, ე. დავითაშვილი. იტრიუმის ქლორიდის ურთიერთქმედება რუბიდრიუმის და ცეზიუმის ოქსალატებთან წყალხსნარებში . . . . . 340

ქიმიური ტექნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—  
CHEMICAL TECHNOLOGY

В. Н. Гаприндашвили, Н. Д. Каландадзе, Ю. И. Пуларнани. К вопросу комплексной переработки полиметаллической руды месторождения Маднеули . . . . . 341

\*ვ. გაფრინდაშვილი, ნ. კალანდაძე, ი. ფულარიანი. მადნეულის პოლიმეტალური საბადოს კომპლექსური დამუშავების საკითხისათვის . . . . . 346

კ. ქუთათელაძე, რ. ვერულაშვილი, ი. ფიცხელაური, ა. აბაიშვილი. მონომინერალური შემადგენლობის პიროქსენული მიწაქვისტალური მასალების მიღება საქართველოს მთის ჯიშებიდან . . . . . 347

\*К. С. Кутателадзе, Р. Д. Верулашвили, И. А. Пицхелаури, А. А. Абаишвили. Получение мономинеральных пироксеновых составов стеклокристаллических материалов на основе горных пород Грузии . . . . . 353

Р. А. Дидидзе, В. Т. Чагунава. К вопросу получения карбоната марганца из марганцевой карбонатной руды . . . . . 355

\*რ. დიდძე, ვ. ჩაგუნავა. მანგანუმის კარბონატული მადნებისაგან მანგანუმის კარბონატის მიღების საკითხისათვის . . . . . 360

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

Т. Г. Саакашвили. Содержание марганца, кремния, алюминия, меди и цинка в крови больных раком предстательной железы . . . . . 361

\*თ. სააკაშვილი. მანგანუმის, სილიციუმის, ალუმინის, სპილენძისა და თუთიის შემცველობა სისხლში წინამდებარე ჯირკვლის კიბოს დროს . . . . . 364

ვ. ქორიძე. ამინომჟავებისა და ამიაკის რაოდენობის ცვალებადობა დიზენტერიით დაავადებულ ჩვილ ბავშვთა შარდში . . . . . 365

\*В. М. Коридзе. Изменение количества аминокислот и аммиака при дизентерии у детей раннего возраста . . . . . 372

Е. Г. Гоциридзе. О содержании фосфора и азота в липидах головного мозга, выделенных разными способами . . . . . 373

\*ე. გოცირიძე თავის ტვინის სხვადასხვა მეთოდით გამოყოფილ ლიპიდებში ფოსფორისა და აზოტის შეცვლობის შესახებ . . . . . 377

აგროქიმია—АГРОХИМИЯ—AGROCHEMISTRY

ი. ნაკაიძე. ფესვებზე გამოკვების გავლენა ვახის ქლოროზით დაზიანებაზე . . . . . 379

\*И. А. Накаидзе. Влияние внекорневой подкормки на повреждение виноградно-градной лозы хлорозом . . . . . 386



О. Д. Хуцишвили. Новые данные о возрасте квишской свиты . . . . . 387  
 \*ო. ხუციშვილი. ახალი მონაცემები ქვიშის წყების ასაკის შესახებ . . . . . 389

პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGY

Е. Г. Ахведиани. К изучению рода... . . . . . 391  
 \*ე. ახვლედიანი. გვარ... შესწავლისათვის . . . . . 396

ჰიდროტექნიკა—ГИДРОТЕХНИКА—HYDROTECHNICS

А. Г. Алимов, Л. Г. Рабухин. Расчет трансформации паводкового при-  
 тока при криволинейном гидрографе . . . . . 397  
 \*ა. ალიმოვი, ლ. რაბუხინი. წყალდიდობის მოწოდის ტრანსფორმაციის გაან-  
 გარიშება მრუდნახოვან ჰიდროგრაფის დროს . . . . . 402

ენერგეტიკა—ЭНЕРГЕТИКА—POWER ENGINEERING

А. Н. Киласония. Сравнительные расчеты объема водохранилища при пол-  
 ном многолетнем регулировании речного стока . . . . . 403  
 \*ა. კილასონია. წყალსაცავის მოცულობის შედარებითი ანგარიშები მდინარის ჩა-  
 ნადენის მრავალწლიური რეგულირების დროს . . . . . 410

ჰიდრაულიკა—ГИДРАВЛИКА—HYDRAULICS

Г. Б. Рурца, К. В. Гогичайшвили, Д. И. Тавзарашвили. Примене-  
 ние способа интерполирования в гидравлических исследованиях . . . . . 411  
 \*გ. რურცა, კ. გოგიჩაიშვილი, დ. თავზარაშვილი. ინტერპოლირების  
 ხერხის გამოყენება ჰიდრაულიკურ კვლევებში . . . . . 417

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

С. З. Бокштейн, С. Т. Кишкин, Л. М. Мирский, Ф. Н. Тавадзе (ака-  
 демик Академии наук Грузинской ССР), З. Ш. Херодинашвили.  
 Методика определения коэффициента диффузии углерода . . . . . 419  
 \*ს. ბოკშტეინი, ს. კიშკინი, ლ. მირსკი, ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ  
 მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ზ. ხეროდინაშვილი. ნახშირბადის  
 დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრის მეთოდიკა . . . . . 422  
 Г. Н. Звиададзе, О. В. Шенгелия. Термодинамика восстановления хло-  
 рида калия силикокальцием . . . . . 423  
 \*გ. ზვიადაძე, ო. შენგელია. კალიუმის ქლორიდის სილიკოკალციუმით აღდგე-  
 ნის თერმოდინამიკა . . . . . 426  
 Г. Г. Гвелесиани, Д. И. Багдавадзе. О лантано- и церитермическом  
 восстановлении окиси тулия . . . . . 427  
 \*გ. გველესიანი, დ. ბაღდავაძე. ტულიუმის ქანგის ლანთანო- და ცერითერ-  
 მული აღდგენა . . . . . 433

ავტომატიკა და ტელემექანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—  
 AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

Г. Н. Церцвадзе. Об энтропийной оценке надежности функционирования  
 конечных автоматов . . . . . 435  
 \*გ. ცერცვაძე. სასრული ავტომატების ენტროპიის იმედოვნების ენტროპი-  
 ული შეფასების შესახებ . . . . . 440

ბოტანიკა—БОГАНИКА—BOTANY

Г. Ш. Нахуцришвили. К экологии луговой растительности субальпийского  
 пояса центрального Кавказа . . . . . 441



\*გ. ნახუცრი შვილი. ცენტრალურ კავკასიონის სუბალპური სარტყლის მდგომარეობის ეკოლოგიური შესწავლისათვის . . . . . 446

**მეცენარობა — РАСТЕНИЕВОДСТВО—PLANT-GROWING**

- Р. И. Зеркидзе, И. Е. Сиденко. О распространении ржавчины кукурузы в Грузии . . . . . 447
- \*რ. ზერეკიძე, ი. სიდენკო. სიმინდის ჯანგას გავრცელების შესახებ საქართველოში . . . . . 449

**მეცხოვეობა—ЛЕСОВОДСТВО—FORESTRY**

- Л. А. Гоциридзе. Особенности деятельности камбия сосны крючковатой в горных условиях Грузии . . . . . 451
- \*ლ. გოცირიძე. კაუჭა ფიჭვის კამბიუმის მოქმედების თავისებურებანი საქართველოს მთიან პირობებში . . . . . 455

**ზოოლოგია—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGY**

- Н. Л. Надашвили. К изучению фауны бокоплавов.. небольших водоемов Лагодехского района . . . . . 457
- \*ნ. ნადაშვილი. ლაგოდეხის რაიონის მცირეზომის წყალსატევებში გავრცელებული გვერდღუღების ფაუნის შესწავლისათვის . . . . . 462

**მასპარეზობის მედიცინა—ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА—**

**EXPERIMENTAL MEDICINE**

- В. Д. Бабухадия. Функциональное состояние почек в условиях закупорки одного мочеточника и после его реканализации . . . . . 465
- \*ვ. ბაბუხადია. თირკმლების ფუნქციური მდგომარეობა ერთი შარდსაწვეთის სრული დახშობისა და მისი რეკანალიზაციის პირობებში . . . . . 471
- Г. С. Цулая. Экспериментальное изучение гипотензивного действия атонина . . . . . 473
- \*გ. წულაია. ატონიის ჰიპოტენზიური მოქმედების ექსპერიმენტული შესწავლისათვის . . . . . 477
- З. В. Библиейшвили. Материалы к клинико-биохимической характеристике родов и послеродового периода . . . . . 479
- \*ზ. ბიბიეიშვილი. მასალები მშობიარობისა და ლოგინობის ხანის კლინიკური ბიოქიმიური დახასიათებისათვის . . . . . 485

**კლინიკური მედიცინა—КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА—**

**CLINICAL MEDICINE**

- И. А. Вачнадзе. Прямая лимфография при злокачественных системных заболеваниях лимфатического аппарата . . . . . 487
- \*ი. ვაჩნაძე. პირდაპირი ლიმფოგრაფია ლიმფური აპარატის სისტემური დაავადების დროს . . . . . 494
- მ. კომახიძე, ლ. დვალის, რ. თოლორაია, ნ. ჯეჯელავა, მ. გოგიაშვილი. ბრონქოგრაფია ენდოტრაქეალური ნარკოზით ფილტვების პათოლოგიის დროს . . . . . 495
- \*მ. ა. კომახიძე, ლ. გ. დვალი, რ. დ. თოლორაია, ნ. შ. დედელავა, მ. ბ. გოგიაშვილი. Бронхография под эндотрахеальным наркозом при патологии легких . . . . . 501
- თ. ურუშულაძე. სკოლიოზის მქონე ბავშვთა ორგანიზმის ფიზიკური განვითარებისა და საერთო ფიზიკური მომზადების ზოგიერთი მაჩვენებლის შესწავლის საკითხისათვის . . . . . 503
- \*თ. კ. ჯორჯოლაძე. К вопросу изучения некоторых показателей физического развития и общей физической подготовленности организма детей со сколиозом . . . . . 508



## 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, доп. 3-42

Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб.



„საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“

დ ე ზ უ ლ ე ზ ა

1. „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ იბეჭდება აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.

2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევენ საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.

3. „მოამბე“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდური თაბახი. 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 ასიტამბო ნიშანს (ჯურნალის 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 (ავრთვევ სათანადო ილუსტრაციები და ნახაზები) ავტორმა უნდა წარმოადგინოს თითო ცალად, დასაბეჭდად სავესებით 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 შეძლებისდაგვარად 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 ერთგვარ ბოლოში. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღინიშნოს 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 დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რ ე დ ა მ ტ შ ი ც ე ნ ა მ ა რ თ ი: თვილისი, კუბუჯოვის ქ. 15

ტელეფონი 7-18-05, დამ. 3-42

ხელმოწერის პირობები: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.