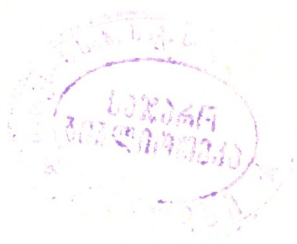


საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის  
მ ო ა მ ბ ე

ტომი XIV

ძიკითარნი, ქართული გამომცემი

1953



6242.

## მათემატიკა

## ა. ლუსკანაშვილი

მთელი წერტილების რაოდენობის შესახებ კენტბანჯომილებიან სფეროებში

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 6.7.1953)

წინამდებარე შრომაში ჩვენ გამოვიყენებთ შემდეგ აღნიშვნებს:  $d, h, l$  და  $r$  მთელი დადებითი რიცხვებია;  $k$  ნატურალური რიცხვია  $\geq 4$ -ზე;  $u$  დადებითი კენტი რიცხვია;  $n, j$  მთელი რიცხვებია;  $m$  დადებითი მთელი რიცხვია, დაკავშირებული  $k$ -სთან უტოლობით:

$$k \equiv 2(m+1); \quad (1)$$

$s$  მთელი დადებითი რიცხვია, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას  $1 \equiv s \equiv m$ ;  $x$  ნამდვილი რიცხვია;  $x$  ნამდვილი რიცხვია და  $> 1$ ;  $y$  ნამდვილია და  $\equiv 0$ . შემდეგ,

$$r_k(0) = 1, \quad r_k(l) = \sum_{j_1^2 + \dots + j_k^2 = l} 1 \quad (2)$$

აღნიშნავს  $l$  რიცხვის  $k$  მთელი რიცხვის კვადრატების ჯამად წარმოდგენათა რაოდენობას;

$$A_k(y) = \sum_{j_1^2 + \dots + j_k^2 \leq y} 1 = \sum_{0 \leq n \leq y} r_k(n) \quad (3)$$

მთელ წერტილთა რაოდენობა  $k$  განზომილებების სფეროში

$$x_1^2 + \dots + x_k^2 \equiv y. \quad (4)$$

$$V_k(y) = \frac{\pi^{\frac{k}{2}}}{\Gamma\left(\frac{k}{2} + 1\right)} y^{\frac{k}{2}} \quad (5)$$

აღნიშნავს მე-(4) სფეროს მოცულობას.

$$P_k(y) = A_k(y) - V_k(y). \quad (6)$$

$$\left(\frac{-1}{u}\right) = (-1)^{\frac{u-1}{2}}$$

იაკობის სიმბოლოა.

$$M_k = \frac{\pi^k}{\Gamma(k)}. \quad (7)$$

$B_s(r)$  აღნიშნავს ბერნულის  $s$  რიგის პოლინომს, ხოლო  $\bar{B}_s(r)$  პერიოდულ ფუნქციას, პერიოდით 1, რომელიც შუალედში  $0 \leq r < 1$  ემთხვევა  $B_s(x)$ -ს.

როგორც ცნობილია,

$$\int_0^1 B_s(x) dx = 0. \tag{8}$$

შემდეგ შემოვიღოთ ფუნქციები

$$\zeta(x) = \sum_{r=1}^{\infty} r^{-x};$$

$$L(x) = \sum_{u=1}^{\infty} \left( \frac{-1}{u} \right) u^{-x};$$

$$Z(k) = (1 - 2^{-k}) \zeta(k), \text{ როცა } k \text{ ლუწია,} \\ = L(k), \text{ როცა } k \text{ კენტია.}$$

$$\theta(k, 1) = -1, \tag{9}$$

$$\theta(k, s) = (-1)^s \frac{(k-1)(k-2)\dots(k-s+1)}{s!}, \text{ როცა } s \geq 2;$$

$$\tau(k, s) = \frac{\Gamma(k-s+1)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} \theta(k, s) = \frac{(-1)^s}{s! \Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)}; \tag{10}$$

$$\psi_s(x) = \theta(k, s) \bar{B}_s(x); \tag{11}$$

$$\varphi_s(x) = \tau(k, s) \bar{B}_s(x); \tag{12}$$

$$H(x, l) = (-1)^{\frac{k}{2}+1} \left\{ \psi_s\left(\frac{x}{2l}\right) - 2^s \psi_s\left(\frac{x}{4l}\right) \right\}, \text{ როცა } k \text{ ლუწია,} \tag{13}$$

$$= (-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{1-s} \left\{ \psi_s\left(\frac{x}{l}\right) - 2^{s-1} \psi_s\left(\frac{x}{2l}\right) - 2^{2s-1} \psi_s\left(\frac{x-l}{4l}\right) \right\}, \\ \text{როცა } k \text{ კენტია;}$$

$$\psi_s(x, l) = \sum_{h=1}^l \varphi_s\left(\frac{x-h^2}{l}\right); \tag{14}$$

$$G_s(x, l) = (-1)^{\frac{k}{2}+1} \{ 2 \psi_s(x, 2l) - 2^s \psi_s(x, 4l) \}, \text{ როცა } k \text{ ლუწია,} \tag{15}$$

$$= (-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{3-s} \{ \psi_s(x, l) - 2^{s-2} \psi_s(x, 2l) - 2^{2s-3} \psi_s(x-l, 4l) \}, \text{ როცა } k \text{ კენტია;}$$

$$Q_{k, s}(x) = \sum_{u=1}^{\infty} \left( \frac{-1}{u} \right)^k u^{-k} \psi_s\left(\frac{x}{u}\right) + \sum_{l=1}^{\infty} (2l)^{s-k} H(x, l); \tag{16}$$

$$\Phi_{k,s}(\zeta) = \sum_{u=1}^{\infty} \left(\frac{-1}{u}\right)^k u^{s-k-1} \vartheta_s(\zeta, u) + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{\infty} (2l)^{s-k-1} G_s(\zeta, l). \quad (17)$$

როგორც ცნობილია [1], როცა  $x \rightarrow \infty$ , მაშინ

$$P_{2k}(x) = M_k \{Z(k)\}^{-1} \sum_{s=1}^m Q_{k,s}(x) x^{k-s} + O(x^{k-m-\frac{1}{2}}). \quad (I)$$

წინამდებარე შრომაში დამტკიცებულია (I)-ის ანალოგიური ასიმპტოტური ფორმულა კენტი განზომილების სფეროებისათვის, სახელდობრ, ნაჩვენებია, რომ როცა  $x \rightarrow \infty$ , მაშინ

$$P_{2k+1}(x) = \pi^{k+\frac{1}{2}} \{Z(k)\}^{-1} \sum_{s=1}^m \Phi_{k,s}(x) x^{k-s+\frac{1}{2}} + O(x^{k-m}). \quad (II)$$

უწინარეს ყოვლისა დავამტკიცოთ, რომ

$$G_s(x, l) = \frac{\Gamma(k-s+1)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} \sum_{h=1}^{4l} H(x-h^2, l). \quad (18)$$

მართლაც, ვთქვათ,  $k$  კენტია. მაშინ, ვისარგებლებთ რა  $\bar{B}_s(\zeta)$  ფუნქციის პერიოდულობით და აგრეთვე (10)–(15) ფორმულებით, მივიღებთ შემდეგს:

$$\begin{aligned} & \frac{\Gamma(k-s+1)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} \sum_{h=1}^{4l} H(x-h^2, l) \\ &= \frac{\Gamma(k-s+1)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} (-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{1-s} \sum_{h=1}^{4l} \left\{ \psi_s\left(\frac{x-h^2}{l}\right) - 2^{s-1} \psi_s\left(\frac{x-h^2}{2l}\right) \right. \\ & \quad \left. - 2^{2s-1} \psi_s\left(\frac{x-h^2-l}{4l}\right) \right\} \\ &= (-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{1-s} \tau(k, s) \sum_{h=1}^{4l} \left\{ \bar{B}_s\left(\frac{x-h^2}{l}\right) - 2^{s-1} \bar{B}_s\left(\frac{x-h^2}{2l}\right) - 2^{2s-1} \bar{B}_s\left(\frac{x-h^2-l}{4l}\right) \right\} \\ &= (-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{1-s} \tau(k, s) \left\{ 4 \sum_{h=1}^l \bar{B}_s\left(\frac{x-h^2}{l}\right) - 2^s \sum_{h=1}^{2l} \bar{B}_s\left(\frac{x-h^2}{l}\right) \right. \\ & \quad \left. - 2^{2s-1} \sum_{h=1}^{4l} \bar{B}_s\left(\frac{x-h^2-l}{4l}\right) \right\} \\ &= (-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{1-s} \{4 \vartheta_s(x, l) - 2^s \vartheta_s(x, 2l) - 2^{2s-1} \vartheta_s(x-l, 4l)\} \\ &= (-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{3-s} \{ \vartheta_s(x, l) - 2^{s-2} \vartheta_s(x, 2l) - 2^{2s-3} \vartheta_s(x-l, 4l) \} = G_s(x, l). \end{aligned}$$

დამტკიცება, როცა  $k$  ლუწია, ანალოგიურია და (10)–(15) ფორმულე-  
ბიდან გამომდინარეობს.

**ლემა.** (ეილერი–სონინი<sup>(1)</sup>). თუ  $f(x)$  ფუნქციას  $\bar{x}_1 \equiv x \equiv \bar{x}_2$   
შუალედში აქვს  $r$  რიგის უწყვეტი წარმოებული, მაშინ

$$\sum_{\bar{x}_1 < n \leq \bar{x}_2} f(n) = \int_{\bar{x}_1}^{\bar{x}_2} f(x) dx + \sum_{h=1}^{\bar{x}_2} \frac{(-1)^h}{h!} \{ \bar{B}_h(\bar{x}_2) f^{(h-1)}(\bar{x}_2) - \bar{B}_h(\bar{x}_1) f^{(h-1)}(\bar{x}_1) \} \\ + (-1)^{r+1} \frac{1}{r!} \int_{\bar{x}_1}^{\bar{x}_2} \bar{B}_r(x) f^{(r)}(x) dx. \quad (19)$$

ამ ლემის გამოყენებით, როცა  $d \equiv l \equiv \sqrt{x}$ , მივიღებთ:

$$\sum_{\frac{-\sqrt{x-d}}{l} \leq n \leq \frac{\sqrt{x-d}}{l}} \{x - (d+ln)^2\}^{k-s} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma(k-s+1)}{\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} x^{k-s+\frac{1}{2}l^{-1}} \\ + O(x^{\frac{k-1}{2}} l^{k-s}). \quad (20)$$

მართლაც, ვთქვათ, (19)-ში

$$r = k-s, \quad \bar{x}_1 = \frac{-\sqrt{x-d}}{l}, \quad \bar{x}_2 = \frac{\sqrt{x-d}}{l}$$

და

$$f(x) = \{x - (d+lx)^2\}^{k-s}.$$

მაშინ (19)-ის მარჯვენა მხარეში ჯამი იქცევა ნულად, ხოლო საშუალო  
წილწილის ფორმულისა და (8) ფორმულის გამოყენებით ადვილად დავრ-  
წმუნდებით, რომ მეორე ინტეგრალს აქვს რიგი

$$O(x^{k-s-\frac{r}{2}} l^r) = O(x^{\frac{k-1}{2}} l^{k-s}). \quad (21)$$

მეორე მხრივ,

$$\int_{\frac{-\sqrt{x-d}}{l}}^{\frac{\sqrt{x-d}}{l}} \{x - (d+lx)^2\}^{k-s} dz = l^{-1} \int_{-\sqrt{x}}^{\sqrt{x}} (x-t^2)^{k-s} dt = 2l^{-1} \int_0^{\sqrt{x}} (x-t^2)^{k-s} dt \\ = x^{k-s+\frac{1}{2}l^{-1}} \int_0^1 (1-y)^{k-s} y^{-\frac{1}{2}} dy = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma\left(k-s+\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} x^{k-s+\frac{1}{2}l^{-1}}. \quad (22)$$

(<sup>1</sup> დამტკიცება იხ. [1]-ში.

თუ გამოვიყენებთ (21) და (22)-ს, მაშინ მე-(20) ფორმულა გამოვძინა რეობს მე-(19) ფორმულიდან.

ვთქვათ,

$$S_1(x, u) = \sum_{j^2 \leq x} \psi_s \left( \frac{x - j^2}{u} \right) (x - j^2)^{k-s}. \quad (23)$$

მაშინ, როცა  $u \equiv \sqrt{x}$ , გვექნება

$$S_1(x, u) = \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) x^{k-s+\frac{1}{2}} u^{-1} \varphi_s(x, u) + O(x^{\frac{k-1}{2}} u^{k-s+1}). \quad (24)$$

მართლაც, (20), (10), (11) და (12) ფორმულების გამოყენებით მივიღებთ შემდეგს:

$$\begin{aligned} S_1(x, u) &= \sum_{h=1}^u \psi_s \left( \frac{x-h^2}{u} \right) \sum_{\substack{-\sqrt{x} \leq j \leq \sqrt{x} \\ j \equiv h \pmod{u}}} (x-j^2)^{k-s} \\ &= \sum_{h=1}^u \psi_s \left( \frac{x-h^2}{u} \right) \sum_{\substack{-\sqrt{x-h} \leq n \leq \sqrt{x-h} \\ u \leq n \leq \frac{\sqrt{x-h}}{u}}} \{x - (h+un)^2\}^{k-s} \\ &= \sum_{h=1}^u \psi_s \left( \frac{x-h^2}{u} \right) \left\{ \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma(k-s+1)}{\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} x^{k-s+\frac{1}{2}} u^{-1} + O(x^{\frac{k-1}{2}} u^{k-s}) \right\} \\ &= \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) x^{k-s+\frac{1}{2}} u^{-1} \sum_{h=1}^u \varphi_s \left( \frac{x-h^2}{u} \right) + O(x^{\frac{k-1}{2}} u^{k-s+1}). \end{aligned}$$

თუ ვისარგებლებთ ამ უკანასკნელით და (14) ფორმულით, მივიღებთ (24)-ს.

როცა  $u > \sqrt{x}$ , მაშინ ჩვენ ვისარგებლებთ თავისთავად ცხადი შეფასებით:

$$S_1(x, u) = O(x^{k-s+\frac{1}{2}}). \quad (25)$$

შემდეგ, ვთქვათ,

$$S_2(x, l) = \sum_{j^2 \leq x} H(x - j^2, l) (x - j^2)^{k-s}. \quad (26)$$

მაშინ, როცა  $l \equiv \sqrt{x}$ , გვექნება შემდეგი:

$$S_2(x, l) = \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) x^{k-s+\frac{1}{2}} (4l)^{-1} G_s(x, l) + O(x^{\frac{k-1}{2}} l^{k-s+1}). \quad (27)$$

მართლაც, (26), (13), (11) და (20) ფორმულების გამოყენებით მივიღებთ:

$$\begin{aligned}
 S_2(x, l) &= \sum_{h=1}^{4l} H(x-h^2, l) \sum_{\substack{-\sqrt{x} \leq j \leq \sqrt{x} \\ j \equiv h \pmod{4l}}} (x-j^2)^{k-s} \\
 &= \sum_{h=1}^{4l} H(x-h^2, l) \sum_{\substack{-\sqrt{x}-h \leq n \leq \sqrt{x}-h \\ \frac{n}{4l} \leq u \leq \frac{\sqrt{x}-h}{4l}}} \{x-(h+4ln)^2\}^{k-s} \\
 &= \sum_{h=1}^{4l} H(x-h^2, l) \left\{ \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma(k-s+1)}{\Gamma\left(k-s+\frac{3}{2}\right)} x^{k-s+\frac{1}{2}} (4l)^{-1} + O\left(x^{\frac{k-1}{2}} l^{k-s}\right) \right\}
 \end{aligned}$$

აქედან (18)-ის გამოყენებით მივიღებთ (27)-ს.

როცა  $l > \sqrt{x}$ , მაშინ ვისარგებლებთ თავისთავად ცხადი შეფასებით:

$$S_2(x, l) = O(x^{k-s+\frac{1}{2}}). \tag{28}$$

ვაჩვენოთ, რომ ადგილი აქვს ფორმულას:

$$\sum_{j^2 \leq x} Q_{k,s}(x-j^2) (x-j^2)^{k-s} = \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) \Phi_{k,s}(x) x^{k-s+\frac{1}{2}} + O(x^{\frac{k}{2}+1}). \tag{29}$$

მათილაც, თანახმად (1), (12)–(14), (16)–(18) და (23)–(28) ფორმულებისა, გვექნება:

$$\begin{aligned}
 &\sum_{j^2 \leq x} Q_{k,s}(x-j^2) (x-j^2)^{k-s} \\
 &= \sum_{j^2 \leq x} \left\{ \sum_{u=1}^{\infty} \left(\frac{-1}{u}\right)^k u^{s-k} \psi_s\left(\frac{x-j^2}{u}\right) + \sum_{l=1}^{\infty} (2l)^{s-k} H(x-j^2, l) \right\} (x-j^2)^{k-s} \\
 &= \sum_{u=1}^{\infty} \left(\frac{-1}{u}\right)^k u^{s-k} S_1(x, u) + \sum_{l=1}^{\infty} (2l)^{s-k} S_2(x, l) \\
 &= \sum_{u \leq \sqrt{x}} \left(\frac{-1}{u}\right)^k u^{s-k} S_1(x, u) + O\left(x^{k-s+\frac{1}{2}} \sum_{u > \sqrt{x}} u^{s-k}\right) \\
 &+ \sum_{l \leq \sqrt{x}} (2l)^{s-k} S_2(x, l) + O\left(x^{k-s+\frac{1}{2}} \sum_{l > \sqrt{x}} l^{s-k}\right) \\
 &= \sum_{u \leq \sqrt{x}} \left(\frac{-1}{u}\right)^k u^{s-k} \left\{ \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) u^{-1} \vartheta_s(x, u) x^{k-s+\frac{1}{2}} + O\left(x^{\frac{k-1}{2}} u^{k-s+1}\right) \right\} \\
 &+ \sum_{l \leq \sqrt{x}} (2l)^{s-k} \left\{ \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) (4l)^{-1} G_s(x, l) x^{k-s+\frac{1}{2}} + O\left(x^{\frac{k-1}{2}} l^{k-s+1}\right) \right\} \\
 &+ O\left(x^{k-s+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}(s+1-k)}\right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) x^{k-s+\frac{1}{2}} \left\{ \sum_{u \leq \sqrt{x}} \left( \frac{-1}{u} \right)^k u^{s-k-1} \vartheta_s(x, u) \right. \\
 &+ \left. \frac{1}{2} \sum_{l \leq \sqrt{x}} (2l)^{s-k-1} G_s(x, l) \right\} + O\left(x^{\frac{k-1}{2}} \sum_{l > \sqrt{x}} l\right) + O(x^{\frac{k+1}{2}}) \\
 &= \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) x^{k-s+\frac{1}{2}} \left\{ \sum_{u=1}^{\infty} \left( \frac{-1}{u} \right)^k u^{s-k+1} \vartheta_s(x, u) \right. \\
 &+ \left. \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{\infty} (2l)^{s-k-1} G_s(x, l) \right\} + O\left(x^{k-s+\frac{1}{2}} \sum_{l \leq \sqrt{x}} l^{s-k}\right) + O(x^{\frac{k}{2}+1}) \\
 &= \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) \Phi_{k,s}(x) x^{k-s+\frac{1}{2}} + O(x^{\frac{k}{2}+1}).
 \end{aligned}$$

თანხმად (6) და (3) ფორმულებსა, მივიღებთ:

$$\begin{aligned}
 P_{2k+1}(x) + V_{2k+1}(x) &= A_{2k+1}(x) = \sum_{j_1^2 + \dots + j_{2k}^2 + j_2 \leq x} 1 \\
 &= \sum_{j^2 \leq x} \sum_{j_1^2 + \dots + j_{2k}^2 \leq x - j^2} 1 = \sum_{j^2 \leq x} A_{2k}(x - j^2) \\
 &= \sum_{j^2 \leq x} P_{2k}(x - j^2) + \sum_{j^2 \leq x} V_{2k}(x - j^2),
 \end{aligned}$$

ამიტომ

$$P_{2k+1}(x) = \sum_{j^2 \leq x} P_{2k}(x - j^2) + \sum_{j^2 \leq x} V_{2k}(x - j^2) - V_{2k+1}(x). \quad (30)$$

თუ ვისარგებლებთ (5) ფორმულით, შეგვიძლია დავწეროთ

$$\begin{aligned}
 \sum_{j^2 \leq x} V_{2k}(x - j^2) &= \frac{\pi^k}{\Gamma(k+1)} \sum_{j^2 \leq x} (x - j^2)^k \\
 &= \frac{\pi^k}{\Gamma(k+1)} \sum_{-\sqrt{x} \leq j \leq \sqrt{x}} (x - j^2)^k.
 \end{aligned}$$

ამ უკანასკნელში, (19) ფორმულის გამოყენებით, როცა  $\zeta_1 = -\sqrt{x}$ ,

$\zeta_2 = \sqrt{x}$ ,  $f(\zeta) = (x - \zeta^2)^k$  და  $r = k$  გვექნება:

$$\begin{aligned}
 \sum_{j^2 \leq x} V_{2k}(x - j^2) &= \frac{\pi^k}{\Gamma(k+1)} \int_{-\sqrt{x}}^{\sqrt{x}} (x - \zeta^2)^k d\zeta + O(x^{\frac{k}{2}}) \\
 &= 2 \frac{\pi^k}{\Gamma(k+1)} \int_0^{\sqrt{x}} (x - \zeta^2)^k d\zeta + O(x^{\frac{k}{2}})
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{\pi^k}{\Gamma(k+1)} x^{k+\frac{1}{2}} \int_0^1 (1-y)^k y^{-\frac{1}{2}} dy + O(x^{\frac{k}{2}}) \\
 &= \frac{\pi^{k+\frac{1}{2}}}{\Gamma\left(k+\frac{3}{2}\right)} x^{k+\frac{1}{2}} + O(x^{\frac{k}{2}}) = V_{2k+1}(x) + O(x^{\frac{k}{2}}). \quad (31)
 \end{aligned}$$

(30) და (31) ფორმულები გვაძლევს ასეთ შეფასებას

$$P_{2k+1}(x) = \sum_{j^2 \leq x} P_{2k}(x-j^2) + O(x^{\frac{k}{2}}). \quad (32)$$

თუ ვისარგებლებთ (32), (1), (29), (1) და (7) ფორმულებით, მივიღებთ:

$$\begin{aligned}
 P_{2k+1}(x) &= \sum_{j^2 \leq x} \left\{ M_k(Z(k))^{-1} \sum_{s=1}^m Q_{k,s}(x-j^2) (x-j^2)^{k-s} \right. \\
 &\quad \left. + O(x-j^2)^{k-m-\frac{1}{2}} \right\} + O(x^{\frac{k}{2}}) \\
 &= M_k\{Z(k)\}^{-1} \sum_{s=1}^m \sum_{j^2 \leq x} Q_{k,s}(x-j^2) (x-j^2)^{k-s} + O(x^{k-m}) \\
 &= M_k\{Z(k)\}^{-1} \sum_{s=1}^m \left\{ \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(k) \Phi_{k,s}(x) x^{k-s+\frac{1}{2}} + O(x^{\frac{k}{2}+1}) \right\} + O(x^{k-m}) \\
 &= \pi^{k+\frac{1}{2}} \{Z(k)\}^{-1} \sum_{s=1}^m \Phi_{k,s}(x) x^{k-s+\frac{1}{2}} + O(x^{k-m}),
 \end{aligned}$$

რაც ამტკიცებს (II) ფორმულის სამართლიანობას.

ქიროვის სახელობის

საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 6.7.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. П. Лурсманашивили. О числе целых точек в многомерных шарах. Труды Тбилисского математического института им. А. М. Размадзе, т. 19. Изд. АН ГССР, 1953.

ბ. მანია

მოცემულ უშალედში თეორიული და ემპირიული განაწილების  
 ფუნქციებს შორის ორმხრივი გადახრის მაქსიმუმის შეფასების  
 პრაქტიკული გამოყენება

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუბრაძემ 22.9.1953)

მათემატიკურ სტატისტიკაში მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს შემთხვე-  
 ვითი სიდიდის თეორიული განაწილების კანონისა და რომელიმე  $n$  დამოუ-  
 კიდებელ დაკვირვებათა ერთობლიობისათვის მოცემულ ემპირიულ განაწილე-  
 ბას შორის გარკვეული თანადობის შეფასებას [1, 2].

როგორც ცნობილია, ემპირიული განაწილებისა და ნაგულისხმევი თეო-  
 რიული განაწილების კანონს შორის თანადობა შეიძლება ერთნაირად ზუსტი  
 არ აღმოჩნდეს, როგორც ხშირად ხდება; განხილული უშალედის სხვადასხვა  
 ნაწილში, კერძოდ განაწილების „ბოლოებზე“ ასეთი თანადობა საგრძნობლად  
 ირღვევა უხეში შეკვლოების ან მასალის არაერთგვაროვნობის გამო.

[3, 4] შრომებში დადგენილია

$$D_n(\theta_1, \theta_2) = \text{Sup} |S_n(x) - F(x)|, \quad (1)$$

$$0 \leq \theta_1 \leq F(x) \leq \theta_2 \leq 1$$

გამოსახულებისათვის ზღვრული განაწილების კანონი. ზემოგანხილულ გამო-  
 სახულებაში  $F(x)$  არის უწყვეტი თეორიული განაწილების ფუნქცია,  $S_n(x)$ —  
 ემპირიული განაწილების ფუნქცია,  $\theta_1$  და  $\theta_2$  რიცხვებია,  $0 \leq \theta_1 \leq \theta_2 \leq 1$ .

ამ შრომის ავტორის მიერ დადგენილი იყო, რომ როცა  $n \rightarrow \infty$ ,

$$\Phi \left\{ D_n(\theta_1^{(n)}, \theta_2^{(n)}) \leq \frac{\lambda}{\sqrt{n}} \right\} \rightarrow \Phi(\theta_1, \theta_2; \lambda), \quad (2)$$

სადაც

$$\theta_1^{(n)} = \theta_1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right), \quad \theta_2^{(n)} = \theta_2 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right), \quad (3)$$

ხოლო  $\Phi(\theta_1, \theta_2, \lambda)$  განაწილების ფუნქცია შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$\begin{aligned} \Phi(\theta_1, \theta_2; \lambda) = & \frac{I}{2\pi \sqrt{I-R^2}} \frac{\int_{-\lambda}^{\lambda} \frac{\lambda}{\sqrt{\theta_1(I-\theta_1)}}}{\int_{-\lambda}^{\lambda} \frac{\lambda}{\sqrt{\theta_2(I-\theta_2)}}} e^{-\frac{I}{2}\theta(\zeta_1, \zeta_2)} d\zeta_1 d\zeta_2 - \\ & - \frac{I}{2\pi \sqrt{I-R^2}} 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-I)^{k-1} e^{-2k^2 \lambda^2} \times \\ & \times \frac{\int_{-\lambda-2\lambda k\theta_1}^{\lambda-2\lambda k\theta_1} \frac{\lambda-2\lambda k\theta_1}{\sqrt{\theta_1(I-\theta_1)}}}{\int_{-\lambda-2\lambda k\theta_2}^{\lambda-2\lambda k\theta_2} \frac{\lambda-2\lambda k\theta_2}{\sqrt{\theta_2(I-\theta_2)}}} e^{-\frac{I}{2}\theta(\zeta_1, \zeta_2)} d\zeta_1 d\zeta_2. \end{aligned} \quad (4)$$

სადაც

$$\theta(\zeta_1, \zeta_2) = \frac{I}{I-R^2} [\zeta_1^2 + 2R\zeta_1\zeta_2 + \zeta_2^2], \quad (5_1)$$

$$\bar{\theta}(\zeta_1, \zeta_2) = \frac{I}{I-R^2} [\zeta_1^2 - 2R\zeta_1\zeta_2 + \zeta_2^2], \quad (5_2)$$

$$R = \sqrt{\frac{\theta_1(I-\theta_2)}{\theta_2(I-\theta_1)}}. \quad (5_3)$$

პრაქტიკული გამოყენებისათვის ყველაზე უფრო საინტერესო შემთხვევა მაშინ გვექნება, როდესაც

$$\theta_1 = I - \theta_2 = \theta.$$

ამ შემთხვევაში (4) ფორმულიდან განაწილების კანონისათვის უფრო კომპაქტურ და სიმეტრიულ გამოსახულებას ვღებულობთ, რომელსაც შემდეგ სახე ექნება:

$$\begin{aligned} \Phi(\theta, I-\theta; \lambda) = & \frac{I}{2\pi \sqrt{I-R^2}} \frac{\int_{-\lambda}^{\lambda} \frac{\lambda}{\sqrt{\theta(I-\theta)}}}{\int_{-\lambda}^{\lambda} \frac{\lambda}{\sqrt{\theta(I-\theta)}}} e^{-\frac{I}{2}\theta(\zeta_1, \zeta_2)} d\zeta_1 d\zeta_2 - \\ & - \frac{I}{2\pi \sqrt{I-R^2}} 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-I)^{k-1} e^{-2k^2 \lambda^2} \times \\ & \times \frac{\int_{-\lambda-2k\lambda\theta}^{\lambda-2k\lambda\theta} \frac{\lambda-2k\lambda\theta}{\sqrt{\theta(I-\theta)}}}{\int_{-\lambda-2k\lambda\theta}^{\lambda-2k\lambda\theta} \frac{\lambda-2k\lambda\theta}{\sqrt{\theta(I-\theta)}}} e^{-\frac{I}{2}\theta(\zeta_1, \zeta_2)} d\zeta_1 d\zeta_2, \end{aligned} \quad (6)$$

სადაც

$$R = \frac{\theta}{1 - \theta} \quad (7)$$

პრაქტიკული გამოყენებისათვის საჭიროა  $\Phi(\theta, 1 - \theta; \lambda)$  ფუნქციის ცხრილის შედგენა; ავტორის მიერ გამოთვლილი მოკლე ცხრილი ამ შრომას თან ერთვის.

$\Phi(\theta, 1 - \theta; \lambda)$  ფუნქციის ცხრილი

$\theta \backslash \lambda$	1.00	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
0.10	0.7296	0.8223	0.8574	0.8878	0.9118	0.9319	0.9475	0.9603	0.9700	0.9778
0.15	0.7327	0.8235	0.8582	0.8883	0.9120	0.9321	0.9476	0.9604	0.9701	0.9778
0.20	0.7408	0.8279	0.8615	0.8904	0.9134	0.9331	0.9483	0.9608	0.9703	0.9780
0.25	0.7555	0.8363	0.8678	0.8950	0.9172	0.9356	0.9501	0.9620	0.9712	0.9786
0.30	0.7754	0.8495	0.8785	0.9032	0.9234	0.9405	0.9536	0.9646	0.9729	0.9798
0.35	0.8028	0.8682	0.8931	0.9154	0.9322	0.9471	0.9590	0.9688	0.9762	0.9822
0.40	0.8347	0.8899	0.9120	0.9301	0.9446	0.9569	0.9693	0.9746	0.9806	0.9854
0.45	0.8748	0.9163	0.9332	0.9487	0.9598	0.9688	0.9773	0.9818	0.9869	0.9899
0.50	0.9545	0.9722	0.9786	0.9836	0.9876	0.9907	0.9931	0.9949	0.9963	0.9972

$\theta \backslash \lambda$	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
0.10	0.9836	0.9880	0.9914	0.9938	0.9956	0.9969	0.9979	0.9985	0.9990	0.9993
0.15	0.9837	0.9881	0.9914	0.9938	0.9956	0.9969	0.9979	0.9985	0.9990	0.9993
0.20	0.9838	0.9881	0.9914	0.9939	0.9957	0.9970	0.9979	0.9985	0.9990	0.9993
0.25	0.9941	0.9884	0.9916	0.9939	0.9957	0.9970	0.9979	0.9986	0.9990	0.9993
0.30	0.9851	0.9890	0.9920	0.9943	0.9959	0.9971	0.9980	0.9987	0.9991	0.9994
0.35	0.9868	0.9902	0.9929	0.9948	0.9963	0.9974	0.9982	0.9988	0.9992	0.9994
0.40	0.9892	0.9921	0.9942	0.9958	0.9970	0.9979	0.9985	0.9990	0.9993	0.9996
0.45	0.9928	0.9958	0.9960	0.9971	0.9979	0.9985	0.9990	0.9993	0.9995	0.9998
0.50	0.9981	0.9986	0.9990	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999

ამ ცხრილის დახმარებით შესაძლებელია ჩვენება წინასწარ მოცემულ ალბათობით გარანტირებული ზედა და ქვედა საზღვრებისა  $S_n(x) - F(x)$  გადახრისათვის, როცა  $n$  საკმაოდ დიდია ( $n \geq 100$ ) და  $\theta \leq F(x) \leq 1 - \theta$ .

მაგალითად, ვთქვათ,  $\theta = 0.20$ ,  $\lambda = 1.90$ ;  $n$ -ის საკმაოდ დიდი მნიშვნელობისათვის 0,9985-ის ტოლი ალბათობით შეგვიძლია

$$|S_n(x) - F(x)| < \frac{1.90}{\sqrt{n}}$$

უტოლობის გარანტირება  $x$  ლერძის ნებისმიერი  $x$ -თვის, რომელზედაც

$$0.20 \leq F(x) \leq 0.80.$$

ნ. ბარათაშვილის სახელობის  
 გორის პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 22.9.1953)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Н. Колмогоров. Sulla determinazione empirico di una legge di distribuzione. *Giorn. d. Att.*, 4, 1933.
2. Н. В. Смирнов. Об отклонениях эмпирической кривой распределения. *Матем. Сб.*, 6 (48), 1939, 3—26.
3. Г. М. Мания. Обобщение критерия А. Н. Колмогорова для оценки закона распределения по эмпирическим данным. *ДАН СССР*, т. 69, № 4, 1949.
4. Г. М. Мания. Статическая оценка закона распределения. *Ученые записки МГПИ им. В. П. Потемкина*, т. XVI, 1951.

## დრეკადობის თეორია

ა. რუხაძე

სხვადასხვა დრეკადი მასალისაგან შედგენილი მცირედ გაღუნული ძელების წყვილქალით ღუნვის ამოცანა

(წარმოდგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 2.10.1953)

მცირედ გაღუნული ერთგვაროვანი ძელების გრებისა და ღუნვის ამოცანები ძირითადად შესწავლილია პ. რიზის [2] შრომებში და აგრეთვე ჩვენს სტატიაში [3].

წინამდებარე შრომაში ჩვენ ვიძლევიტ სხვადასხვა მასალისაგან შედგენილი მცირედ გაღუნული ძელების წყვილქალით ღუნვის ამოცანის ამოხსნას<sup>1</sup>.

1. ვთქვათ, გვაქვს მრუდე ძელი, მუდმივი განივი კვეთით, შედგენილი რიგი პარალელური მთლიანი ძელებისაგან, რომლებიც ერთმანეთს არ ეხებიან და შემოსაზღვრული არიან დრეკადი სივრცით.

კოორდინატთა სათავე მოვათავსოთ დამაგრებული ფუძის „ინერციის განზოგადებულ ცენტრში“<sup>2</sup>, ხოლო  $Ox$  და  $Oy$  ღერძები მივმართოთ აღნიშნული ფუძის „ინერციის განზოგადებული მთავარი ღერძების“ გასწვრივ.

გარკვეულობისათვის ვიგულისხმოთ, რომ დაუძაბავ მდგომარეობაში როგორც განსახილავი ძელის, ასევე შემადგენელი მასალების ღერძები წარმოდგენენ ბრტყელ წირებს, რომლებიც, მათი სიმრუდის სიმცირის გამო, შეიძლება ჩავთვალოთ  $xOy$  სიბრტყეში მდებარე პარაბოლებად.

ასეთი ძელის განივი  $S$  კვეთი შედგება  $S_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) არეებისაგან, რომლებიც შემადგენელ მასალებს შეესაბამებიან, და  $S_0$  არისაგან, რომელიც შემომსაზღვრელ მასალას შეესაბამება.

$S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეების საზღვრები აღვნიშნოთ  $L_j$ -ით ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), მაშინ  $S_0$  არეს საზღვარი იქნება შეკრული  $L_1, L_2, \dots, L_{m+1}$  კონტურები, რომელთაგან უკანასკნელი თავის შიგნით შეიცავს ყველა დანარჩენს.

ვთქვათ აგრეთვე, რომ ძელის გვერდითი ზედაპირი თავისუფალია გარე ძალებისაგან, გადაადგილების  $u, v$  და  $w$  კომპონენტები უწყვეტი რჩება, როდესაც გადავდივართ ერთი გარემოდან მეორეში, ხოლო ძალები, რომლებიც მოქმედებენ სხვადასხვა მასალის არეთა საზღვრის ელემენტებზე, სიდიდით ტოლია და ურთიერთ საწინააღმდეგოდაა მიმართული.

აღვნიშნოთ  $\lambda_j, \mu_j, E_j, \sigma_j$ -ით ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) ძელების შესაბამისი დრეკადი მუდმივები, ხოლო  $\lambda_0, \mu_0, E_0, \sigma_0$ -ით—შემომსაზღვრელი მასალის დრეკადი მუდმივები.

ვთქვათ,

$$F_j \left( x + k \frac{\xi^2}{2}, y \right) = 0, \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (1.1')$$

<sup>1</sup> გრძივი ძალით გაკივვის ამოცანის ამოხსნა ასეთი ძელებისათვის ჩვენი მითითებით მოცემულია რ. მინასიანის ჯერ კიდევ გამოუქვეყნებელ შრომაში.

<sup>2</sup> ამ ცნების განმარტება მოცემულია ქვემოთ.

სხვადასხვა მასალის გამყოფ ზედაპირთა განტოლებებია, ხოლო

$$F_{m+1} \left( x + k \frac{\zeta^2}{2}, y \right) = 0 \quad (1.1'')$$

განსახილავი ძელის გვერდითი ზედაპირის განტოლებაა.

ჩვენ ვიგულისხმებთ  $k$  პარამეტრს იმდენად მცირედ, რომ წვერები, რომლებიც  $k$ -ს შეიცავენ კვადრატში ან უფრო მაღალ ხარისხებში, შეიძლება უკუგდებულ იქნეს. შევინარჩუნოთ პ. რიზის [2] აღნიშვნები და შემოვიღოთ კოორდინატთა შემდეგი სისტემა:

$$\xi = x + k \frac{\zeta^2}{2}, \quad \eta = y, \quad \zeta = z. \quad (1.2)$$

( $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$ ) სივრცეში (1.1') და (1.1'') ზედაპირთა განტოლებები მიიღებს სახეს:

$$F_j(\xi, \eta) = 0, \quad (j = 1, 2, \dots, m+1). \quad (1.3)$$

დამოკიდებულებანი  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$  და  $x$ ,  $y$ ,  $z$  კოორდინატებით წარმოებულებს შორის ხსენებული სიზუსტით იქნება:

$$\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \xi}, \quad \frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial \eta}, \quad \frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial \zeta} + k\zeta \frac{\partial}{\partial \xi}, \quad (1.4)$$

ხოლო დამოკიდებულებანი (1.1) და (1.3) ზედაპირების ნორმალების მიმართულების კოსინუსებს შორის  $k^2$  სიზუსტით იქნება:

$$\cos(n, x) = \cos(n, \xi), \quad \cos(n, y) = \cos(n, \eta), \quad \cos(n, z) = k\zeta \cos(n, \xi). \quad (1.5)$$

ქვემოთ ჩვენ ვისარგებლებთ ამ ფორმულებით და წონასწორობის ძირითად განტოლებებსა და სასაზღვრო პირობებს გარდაექმნით  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$  კოორდინატებში.

2. დამხმარე ამოცანა: იყოს  $u^*(\xi, \eta)$  და  $v^*(\xi, \eta)$  შემდეგი ბრტყეული ამოცანის ამონახსნი; სახელდობრ:  $u^*(\xi, \eta)$  და  $v^*(\xi, \eta)$  ფუნქციები აკმაყოფილებენ ყოველ  $S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეში წონასწორობის ერთგვაროვან განტოლებებს:

$$(\lambda_j + \mu_j) \frac{\partial \theta^*}{\partial \xi} + \mu_j \Delta u^* = 0, \quad (\lambda_j + \mu_j) \frac{\partial \theta^*}{\partial \eta} + \mu_j \Delta v^* = 0, \quad \left( \theta^* = \frac{\partial u^*}{\partial \xi} + \frac{\partial v^*}{\partial \eta} \right)$$

$L_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) კონტურებზე აქვთ შემდეგი სახის წყვეტა:

$$u_j^* - u_0^* = (\sigma_j - \sigma_0) \xi, \quad v_j^* - v_0^* = (\sigma_j - \sigma_0) \eta, \quad (2.1)$$

ხოლო ძაბვის შესაბამისი  $X_x^*$ ,  $Y_y^*$ ,  $X_y^*$  კომპონენტები აკმაყოფილებენ სასაზღვრო პირობებს:

$$X_x^* \cos(n, \xi) + X_y^* \cos(n, \eta) = 0, \quad Y_x^* \cos(n, \xi) + Y_y^* \cos(n, \eta) = 0, \quad (2.2')$$

$L_{m+1}$  კონტურზე და პირობებს:

$$\begin{aligned} [X_x^* \cos(n, \xi) + X_y^* \cos(n, \eta)]_j &= [X_x^* \cos(n, \xi) + X_y^* \cos(n, \eta)]_0, \\ [Y_x^* \cos(n, \xi) + Y_y^* \cos(n, \eta)]_j &= [Y_x^* \cos(n, \xi) + Y_y^* \cos(n, \eta)]_0 \end{aligned} \quad (2.2'')$$

გამყოფ  $L_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) კონტურებზე.

$u^{**}(\xi, \eta)$ ,  $v^{**}(\xi, \eta)$  და ასევე  $u^{***}(\xi, \eta)$ ,  $v^{***}(\xi, \eta)$  იყოს ამონახსნები ანალოგიური დამხმარე ამოცანებისა, რომლებშიაც სასაზღვრო (2.1) პირობები შეცვლილია, შესაბამისად, პირობებით:

$$u_j^{**} - u_0^{**} = -\frac{I}{2} (\sigma_j - \sigma_0) (\xi^2 - \eta^2), \quad v_j^{**} - v_0^{**} = -(\sigma_j - \sigma_0) \xi \eta \quad (2.3')$$

ან

$$u_j^{***} - u_0^{***} = -(\sigma_j - \sigma_0) \xi \eta, \quad v_j^{***} - v_0^{***} = -\frac{I}{2} (\sigma_j - \sigma_0) (\eta^2 - \xi^2). \quad (2.3'')$$

ასეთ ამოცანებს ყოველთვის აქვს ამონახსნი (იხ. [1], გვ. 565). ვუწოდოთ  $S$  კვეთის „ინერციის განზოგადებული ცენტრი“ ისეთ წერტილს, რომლის მიმართ ადგილი აქვს ტოლობებს:

$$\sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*) \xi d\sigma = 0, \quad \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*) \eta d\sigma = 0, \quad (2.4)$$

როცა კოორდინატთა სათავე მოთავსებულია აღნიშნულ წერტილში.

(2.4) ტოლობები ცალსახად განსაზღვრავს წერტილს—განზოგადებულ ცენტრს—და აღნიშნულ წერტილში ყოველთვის შეიძლება  $O\xi$  და  $O\eta$  ღერძების მიმართულებების ისე არჩევა, რომ ადგილი ექნეს აგრეთვე ტოლობას:

$$\sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*) \xi \eta d\sigma = 0. \quad (2.5)$$

ასეთ შემთხვევაში ადგილი აქვს აგრეთვე ტოლობებს [1, 4]:

$$\sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j \xi - \lambda_j \theta^{**}) d\sigma = 0, \quad \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j \eta - \lambda_j \theta^{***}) d\sigma = 0, \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j \xi - \lambda_j \theta^{**}) \eta d\sigma = 0, \quad \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j \eta - \lambda_j \theta^{***}) \xi d\sigma = 0.$$

3. ძელის წყვილძალით ღუნვა. ვიგულისხმობთ, რომ ძალები, რომლებიც მოქმედებენ თავისუფალ  $x = l$  ზედაპირზე, სტატიკურად ტოლფასია მღუნავი წყვილძალისა, რომლის მომენტი მოდებულია აღნიშნული ფუძის ინერციის განზოგადებულ ცენტრზე და  $Oy$  ღერძის პარალელურია.

გამოვიღეთ გადაადგილების ვექტორის მდგენელების შემდეგი მნიშვნელობებიდან:

$$u = \frac{a}{2} [\zeta^2 + \sigma_j (\zeta^2 - \eta^2)] + au^{**} + aku_1, \\ v = a\sigma_j \xi \eta + av^{**} + akv_1, \quad w = -a\xi \zeta + akw_1, \quad (3.1)$$

$S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეებში, რომელნიც  $k = 0$  შემთხვევაში იძლევიან გადაადგილების ვექტორის მდგენელებს

$$F_j(\xi, \eta) = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, m + 1)$$

ზედაპირებით შემოსაზღვრული შედგენილი ძელის წყვილძალით ღუნვის ამოცანისათვის; აქ  $a$  შუღმივია, ხოლო  $u_1, v_1$  და  $w_1$ —საძიებელი დამატებითი გადაადგილებები.

ძაბვის კომპონენტები, რომლებიც შეესაბამება გადაადგილების (3.1) მდგენელებს ნახსენები სიზუსტით, იქნება:



$$X_x = aX_x^{**} - ak\lambda_j \zeta^2 + ak\tau_{11}, \quad Y_y = aY_y^{**} - ak\lambda_j \zeta^2 + ak\tau_{22},$$

$$Z_z = a\lambda_j \theta^{**} - aE_j \xi - (\lambda_j + 2\mu_j) ak\zeta^2 + ak\tau_{33}, \quad X_y = aX_y^{**} + ak\tau_{12}, \quad (3.2)$$

$$X_z = ak\mu_j \sigma_j \xi \zeta + ak\mu_j \zeta \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} + ak\tau_{13}, \quad Y_z = ak\mu_j \sigma_j \eta \zeta + \mu_j k a \zeta \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} + ak\tau_{23},$$

$S_j$  არეგებში, სადაც  $\tau_{11}, \tau_{22}, \dots, \tau_{23}$  ძაბვებია, რომლებიც შეეხება ამგებთან გადაადგილების  $u_1, v_1$  და  $w_1$  მდგენელებს.

თანახმად (1.4) ფორმულებისა, დრეკადი სხეულის წონასწორობის განტოლებები მიიღებს სახეს:

$$\frac{\partial \tau_{11}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{12}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial \zeta} + \mu_j \sigma_j \xi + \mu_j \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} = 0,$$

$$\frac{\partial \tau_{21}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{22}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial \zeta} + \mu_j \sigma_j \eta + \mu_j \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} = 0, \quad (3.3)$$

$$\frac{\partial \tau_{31}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{32}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{33}}{\partial \zeta} - 2(\lambda_j + 3\mu_j) \zeta + (\lambda_j + \mu_j) \zeta \frac{\partial \theta^{**}}{\partial \xi} = 0.$$

$S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეგებში.

სასაზღვრო პირობები, (1.5) ფორმულების თანახმად, თავისუფალ გვერდით ზედაპირზე და გამყოფ ზედაპირებზე მიიღებს სახეს:

$$\tau_{11} \cos(n, \xi) + \tau_{12} \cos(n, \eta) - \lambda_0 \zeta^2 \cos(n, \xi) = 0,$$

$$\tau_{21} \cos(n, \xi) + \tau_{22} \cos(n, \eta) - \lambda_0 \zeta^2 \cos(n, \eta) = 0,$$

$$\tau_{31} \cos(n, \xi) + \tau_{32} \cos(n, \eta) + \mu_0 \sigma_0 (\xi \cos(n, \xi) + \eta \cos(n, \eta)) \zeta \quad (3.4)$$

$$+ \mu_0 \left( \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \xi) + \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \eta) \right) \zeta - (E_0 \xi - \lambda_0 \theta^{**}) \zeta \cos(n, \xi) = 0$$

$L_{m+1}$  კონტურზე,

$$[\tau_{11} \cos(n, \xi) + \tau_{12} \cos(n, \eta)]_j - [\tau_{11} \cos(n, \xi) + \tau_{12} \cos(n, \eta)]_0 - (\lambda_j - \lambda_0) \zeta^2 \cos(n, \xi) = 0,$$

$$[\tau_{21} \cos(n, \xi) + \tau_{22} \cos(n, \eta)]_j - [\tau_{21} \cos(n, \xi) + \tau_{22} \cos(n, \eta)]_0 - (\lambda_j - \lambda_0) \zeta^2 \cos(n, \eta) = 0,$$

$$[\tau_{31} \cos(n, \xi) + \tau_{32} \cos(n, \eta)]_j - [\tau_{31} \cos(n, \xi) + \tau_{32} \cos(n, \eta)]_0 + (\mu_j \sigma_j - \mu_0 \sigma_0) [\xi \cos(n, \xi) + \eta \cos(n, \eta)] \zeta$$

$$+ \mu_j \left( \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \xi) + \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \eta) \right) \zeta - \mu_0 \left( \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \xi) \right) \quad (3.4'')$$

$$+ \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \eta) \Big|_0 \zeta - (E_j - \lambda_j \theta^{**}) \zeta \cos(n, \xi) + (E_0 - \lambda_0 \theta^{**}) \zeta \cos(n, \xi) = 0$$

$L_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) კონტურებზე.

წონასწორობის (3.3) განტოლებებსა და სასაზღვრო (3.4) პირობებს უნდა დამატოს თავსებადობის პირობები, რომელთაც განსახილველ შემთხვევაში აქვთ სახეს:

$$\Delta \tau_{11} + \frac{1}{1 + \sigma_j} \frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} = 2\lambda_j - 2\mu_j \frac{\partial^2 u^{**}}{\partial \xi^2} - \lambda_j \frac{\partial \theta^{**}}{\partial \xi},$$

$$\Delta \tau_{22} + \frac{1}{1 + \sigma_j} \frac{\partial^2 T}{\partial \eta^2} = 2\lambda_j - 2\mu_j \frac{\partial^2 v^{**}}{\partial \xi \partial \eta} - \lambda_j \frac{\partial \theta^{**}}{\partial \xi},$$

$$\begin{aligned} \Delta\tau_{33} + \frac{1}{1+\sigma_j} \frac{\partial^2 T}{\partial \zeta^2} &= 6(\lambda_j + 2\mu_j) + 2\mu_j\sigma_j - (3\lambda_j + 2\mu_j) \frac{\partial \theta^{**}}{\partial \xi}, \\ \Delta\tau_{12} + \frac{1}{1+\sigma_j} \frac{\partial^2 T}{\partial \xi \partial \eta} &= -\mu_j \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \frac{\partial u^{**}}{\partial \eta} + \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \right), \\ \Delta\tau_{13} + \frac{1}{1+\sigma_j} \frac{\partial^2 T}{\partial \xi \partial \zeta} &= -(\lambda_j + \mu_j) \frac{\partial^2 \theta^{**}}{\partial \xi^2}, \\ \Delta\tau_{23} + \frac{1}{1+\sigma_j} \frac{\partial^2 T}{\partial \xi \partial \zeta} &= -(\lambda_j + \mu_j) \frac{\partial^2 \theta^{**}}{\partial \xi \partial \eta}, \quad (T = \tau_{11} + \tau_{22} + \tau_{33}) \end{aligned} \quad (3.5)$$

$S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეებში.

დამატებითი  $\tau_{11}, \tau_{22}, \dots, \tau_{23}$  ძაბვების განსაზღვრელად მივიღოთ, რომ:

$$\begin{aligned} \tau_{11} &= \lambda_j \zeta^2 - \mu_j u^{**} - \mu_j w - \mu_j c \varphi + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2}, \\ \tau_{22} &= \lambda_j \zeta^2 - \mu_j w - \mu_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta - \mu_j c \varphi + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi^2}, \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \tau_{33} &= (\lambda_j + 2\mu_j) \zeta^2 + 2\mu_j w - \sigma_j \mu_j u^{**} - \sigma_j \mu_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta + 2\mu_j c \varphi + \sigma_j \Delta \Phi, \\ \tau_{13} &= -\mu_j \sigma_j \xi \eta - \frac{1}{2} \mu_j c (\xi^2 - \eta^2) - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi \partial \eta}, \\ \tau_{12} &= \mu_j c \left( \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} - \eta \right) \zeta + \mu_j \zeta \frac{\partial w}{\partial \xi}, \\ \tau_{23} &= \mu_j c \left( \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \xi \right) \zeta + \mu_j \zeta \frac{\partial w}{\partial \eta}, \end{aligned}$$

$S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეებში<sup>1</sup>, სადაც  $\varphi(\xi, \eta)$  გრების ფუნქციაა (1.3) ზედაპირებით შემოსაზღვრული შედგენილი ძელისათვის.

ადვილად დავრწმუნდებით, რომ წინასწორობის (3.3) განტოლებები, თავსებადობის (3.5) პირობები და აგრეთვე სასაზღვრო (3.4) პირობები დაკმაყოფილებული იქნება, თუ  $w$  და  $\Phi$  ფუნქციები განსაზღვრულია შემდეგ პირობებით:

$$\mu_j \Delta w = 2\mu_j - (\lambda_j + \mu_j) \frac{\partial \theta^{**}}{\partial \xi}, \quad \Delta \Delta \Phi = 2\mu_j - 4(\lambda_j + \mu_j) \frac{\partial \theta^{**}}{\partial \xi}, \quad (3.7)$$

$S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეებში,

$$\begin{aligned} \mu_0 \left( \frac{dw}{dn} \right)_0 &= (E_0 \xi - \lambda_0 \theta^{**}) \cos(n, \xi) - \mu_0 \sigma_0 [\xi \cos(n, \xi) + \eta \cos(n, \eta)] \\ &\quad - \mu_j \left( \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \xi) + \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \eta) \right)_0, \end{aligned}$$

(<sup>1</sup> აქ (და ასევე ქვემოთ)  $\int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta$  ინტეგრალის ქვეშ ჩვენ გვესმის ისეთი ფუნქცია,

რომლის წარმოებულნი  $\eta$ -თი არის  $\frac{\partial v^{**}}{\partial \xi}$ . თუ  $S$  არის საზღვარი აკმაყოფილებს ვარკვეულ პირობებს, მაშინ ასეთი ფუნქცია ყოველთვის არსებობს.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} = - \int \left[ \mu_0 \omega \cos(n, \eta) + \mu_0 c \varphi \cos(n, \eta) + \mu_0 \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta \cos(n, \eta) + \frac{1}{2} \mu_0 c (\xi^2 - \eta^2) \cos(n, \xi) + \mu_0 \sigma_0 \xi \eta \cos(n, \xi) \right] ds, \quad (3.8')$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \eta} = \int \left[ \mu_0 u^{**} \cos(n, \xi) + \mu_0 c \varphi \cos(n, \xi) + \mu_0 \omega \cos(n, \xi) + \frac{1}{2} \mu_0 c (\xi^2 - \eta^2) \cos(n, \eta) + \mu_0 \sigma_0 \xi \eta \cos(n, \eta) \right] ds \quad L_{m+1} \text{ კონტურზე,}$$

$$\mu_j \left( \frac{d\omega}{dn} \right)_j - \mu_0 \left( \frac{d\omega}{da} \right)_0 = [(E_j - E_0) \xi - \lambda_j \theta_j^{**} + \lambda_0 \theta_0^{**}] \cos(n, \xi) - (\mu_j \sigma_j - \mu_0 \sigma_0) [\xi \cos(n, \xi) + \eta \cos(n, \eta)] - \mu_j \left( \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \xi) + \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \eta) \right)_j + \mu_0 \left( \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \xi) + \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \cos(n, \eta) \right)_0,$$

$$\left( \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \right)_j - \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \right)_0 = - \int \left\{ [\mu_j \omega_j - \mu_0 \omega_0 + c(\mu_j \varphi_j - \mu_0 \varphi_0)] \cos(n, \eta) + \left( \mu_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta - \mu_0 \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta \right) \cos(n, \eta) + \frac{1}{2} (\mu_j - \mu_0) c (\xi^2 - \eta^2) \cos(n, \xi) + (\mu_j \sigma_j - \mu_0 \sigma_0) \xi \eta \cos(n, \xi) \right\} ds, \quad (3.8'')$$

$$\left( \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right)_j - \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right)_0 = \int \left[ (\mu_j u_j^{**} - \mu_0 u_0^{**}) \cos(n, \xi) + (\mu_j \omega_j - \mu_0 \omega_0) \cos(n, \xi) + c(\mu_j \varphi_j - \mu_0 \varphi_0) \cos(n, \xi) + (\mu_j \sigma_j - \mu_0 \sigma_0) \xi \eta \cos(n, \eta) + \frac{1}{2} (\mu_j - \mu_0) c (\xi^2 - \eta^2) \cos(n, \eta) \right] ds \quad L_j \quad (j = 1, 2, \dots, m) \text{ კონტურებზე.}$$

ადვილად შეიძლება შემოწმდეს, რომ შესრულებულია  $\omega(\xi, \eta)$  ფუნქციის არსებობის აუცილებელი და საკმარისი პირობა, აგრეთვე შესრულებულია  $L_j \quad (j = 1, 2, \dots, m)$  კონტურებზე შემოვლისას

$$\left( \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \right)_j - \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \right)_0 \text{ და } \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right)_j - \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right)_0$$

გამოსახულებების ცალსახობის პირობები.

თვით  $\Phi$  ფუნქციის ცალსახობა  $L_{m+1}$  კონტურის შემოვლისას  $c$  მუდმივი-სათვის იძლევა შემდეგ მნიშვნელობას:

$$c = \frac{\sum_{j=0}^m \iint_{S_j} \left[ \mu_j \left[ \eta \frac{\partial \omega}{\partial \xi} - \xi \frac{\partial \omega}{\partial \eta} + \eta \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} - \xi \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} \right]_j d\sigma}{\sum_{j=0}^m \left[ \mu_j J_j + \iint_{S_j} \left( \xi \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} - \eta \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} \right)_j d\sigma \right]},$$

სადაც  $J_j$  ინერციის მომენტია  $S_j$  არისა  $O$  წერტილის მიმართ.

$u_1, v_1$  და  $w_1$  გადაადგილებები, რომლებიც შეესაბამება (3.6) დაბეჭდვას, იქნება:

$$u_1 = -\frac{\sigma_j}{2\mu_j} \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} + \int_{\eta}^{\xi} \left[ \frac{\sigma_j - 1}{2} u^{**} + \frac{1}{2} \omega - \frac{1}{2} c\varphi + \frac{1 - \sigma_j}{2\mu_j} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2} \right] d\xi + \frac{\sigma_j}{2} \int v^{**} d\eta + \frac{c}{2} \left( \frac{\eta^3}{3} - \eta \zeta^2 \right), \quad (3.9)$$

$$v_1 = \frac{\sigma_j - 1}{2\mu_j} \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} - \frac{1}{2} \sigma_j \xi^2 \eta - \int_{\xi}^{\xi} \int_{\eta}^{\eta} \left[ \frac{\sigma_j - 1}{2} \frac{\partial u^{**}}{\partial \eta} - \frac{1}{2} \frac{\partial \omega}{\partial \eta} - \frac{1}{2} c \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \frac{1 - \sigma_j}{2\mu_j} \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \eta^3} \right] d\xi^2 - \frac{\sigma_j}{2} \int v^{**} d\xi + \frac{c}{2} \left( \frac{\xi^3}{3} - \xi \zeta^2 \right),$$

$$w_1 = \frac{1}{2} \zeta^2 + \zeta \omega(\xi, \eta) + c\varphi(\xi, \eta).$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ უკანასკნელ ფორმულებს, დასმული ამოცანის ამოხსნა-გადაადგილებას კომპონენტებში  $k^2$  სიზუსტით, იქნება:

$$u = \frac{a}{2} [\zeta^2 + \sigma_j (\xi^2 - \eta^2)] + au^{**} + ak \left[ -\frac{\sigma_j}{2} \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} + \int_{\eta}^{\xi} \left[ \frac{\sigma_j - 1}{2} u^{**} + \frac{1}{2} \omega - \frac{1}{2} c\varphi + \frac{1 - \sigma_j}{2\mu_j} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2} \right] d\xi + \frac{\sigma_j}{2} \int v^{**} d\eta + \frac{c}{2} \left( \frac{\eta^2}{3} - \eta \zeta^2 \right) \right],$$

$$v = a\sigma_j \xi \eta + av^{**} + ak \left[ \frac{\sigma_j - 1}{2\mu_j} \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} - \frac{1}{2} \sigma_j \xi^2 \eta - \int_{\xi}^{\xi} \int_{\eta}^{\eta} \left( \frac{\sigma_j - 1}{2} \frac{\partial u^{**}}{\partial \eta} - \frac{1}{2} \frac{\partial \omega}{\partial \eta} - \frac{1}{2} c \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} - \frac{1 - \sigma_j}{2\mu_j} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2} \right) d\xi^2 - \frac{\sigma_j}{2} \int v^{**} d\xi - \frac{c}{2} \left( \frac{\xi^3}{3} - \xi \zeta^2 \right) \right], \quad (3.10)$$

$$w = -a\xi \zeta - \frac{1}{2} ak \zeta^2 + ak \zeta \omega(\xi, \eta) + akc\varphi(\xi, \eta).$$

შეგნიშნოთ, რომ მიღებული გადაადგილებების კომპონენტები უწყვეტი იქნება გამყოფ ზედაპირებზე გადასვლისას<sup>1</sup>.

ძაბვის კომპონენტები, რომლებიც შეესაბამება (3.10) გადაადგილებებს, იქნება:

$$X_x = aX_x^{**} - ak\mu_j u^{**} - ak\mu_j \omega - ak\mu_j \varphi + ak \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2},$$

$$Y_y = aY_y^{**} - ak\mu_j \omega - ak\mu_j \varphi - ak\mu_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta + ak \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi^2},$$

$$Z_z = a\lambda_j \theta^{**} - aE_j \zeta + 2ak\mu_j \omega + 2akc\mu_j \varphi - ak\mu_j \sigma_j u^{**} - ak\mu_j \sigma_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta + ak\sigma_j \Delta \Phi,$$

<sup>1</sup> ყოველთვის შეიძლება  $\Phi$  ფუნქცია ისე განისაზღვროს, რომ გადაადგილების  $u$  და  $v$  მდგენელები უწყვეტი დარჩეს გამყოფ  $L_j$  კონტურებზე გადასვლისას.

$$\begin{aligned}
 X_y &= aX_y^{**} - ak\mu_j \sigma_j \xi \eta - \frac{I}{2} akc\mu_j (\xi^2 - \eta^2) - ak \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi \partial \eta}, \\
 X_x &= ak\mu_j \sigma_j \xi \zeta + ak\mu_j \zeta \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} + ak\mu_j \zeta \frac{\partial w}{\partial \xi} + akc\mu_j \left( \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} - \eta \right) \zeta, \\
 Y_x &= ak\mu_j \sigma_j \eta \zeta + ak\mu_j \zeta \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} + ak\mu_j \zeta \frac{\partial w}{\partial \eta} + akc\mu_j \left( \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \xi \right) \zeta
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

$S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) არეგებში.  
ბოლოს, შევამოწმოთ, აკმაყოფილებენ თუ არა საჭირო პირობებს (3.11) დაბეჭედი  $\chi = l$  ზედაპირზე; აღვნიშნოთ  $X, Y, Z, M_x, M_y$  და  $M_z$ -ით  $\zeta = l$  ზედაპირზე (3.11) დაბეჭედის მთავარი ვექტორისა და მთავარი მომენტის კომპონენტები; მაშინ გვქვინება:

$$\begin{aligned}
 X &= akI \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j \xi - \lambda_j \theta^{**}) d\sigma = 0, & Y &= 0, \\
 Z &= ak \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} \left[ 2\mu_j w + 2\mu_j c \varphi - \mu_j \sigma_j u^{**} - \mu_j \sigma_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta + \sigma_j \Delta \Phi \right] d\sigma, \\
 M_x &= ak \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} \left[ 2\mu_j w + 2\mu_j c \varphi - \mu_j \sigma_j u^{**} - \mu_j \sigma_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta + \sigma_j \Delta \Phi \right] \eta d\sigma, \\
 M_y &= a \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} (E_j \xi^2 - \lambda_j \theta^{**} \xi) d\sigma - ak \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} \left[ 2\mu_j w + 2\mu_j c \varphi - \mu_j \sigma_j u^{**} \right. \\
 &\quad \left. - \mu_j \sigma_j \int \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} d\eta + \sigma_j \Delta \Phi \right] \xi d\sigma, \\
 M_z &= akI \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} \mu_j \left( \xi \frac{\partial v^{**}}{\partial \xi} - \eta \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} + \xi \frac{\partial w}{\partial \eta} - \eta \frac{\partial w}{\partial \xi} \right) d\sigma.
 \end{aligned} \tag{3.12}$$

ამრიგად, რომ დავაკმაყოფილოთ  $\chi = l$  ზედაპირზე მოთხოვნილი პირობები, საჭიროა (3.11) ამოხსნას დავუმატოთ ვაჭიმვისა და წყვილძალებით ღუნვის ამოცანების ამონახსნი (1.3) ზედაპირებით შემოსაზღვრული შედგენილი პრიზმული ძელისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ა. რაზმაძის სახელობის  
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი  
ს. მ. კირიკის სახელობის  
საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი  
(რედაქციას მოუვიდა 2.10.1953)  
დამოუკიდებელი ლიტმერატორი

1. Н. И. Мусхелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.—Л., 1949.
2. П. М. Физ. Деформация стержня со слабо изогнутой осью. ДАН СССР, т. XXIV, вып. 2, 3, 1939.
3. А. К. Рухадзе. К задаче деформации стержня со слабо изогнутой осью. Сообщения АН Грузинской ССР, т. II, № 1—2, 1941.
4. А. К. Рухадзе. К вопросу изгиба поперечной силой упругих брусьев, составленных из различных материалов. Труды Грузинского политехнического института, том 19, 1949.

## ქიმიური ტექნოლოგია

რ. აბლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი)  
 და ი. ბერიკაშვილი

პერმანენტის ხსნარში ფერომანგანუმის ანოლური გახსნით  
 კალიუმის პერმანგანატის მიღება

პერმანგანატის წარმოების ახლა მიღებული წესი შრომატევადია და რთულ საქარხნო აპარატურას მოითხოვს. ამის გამო პროდუქტის თვითღირებულება მაღალია, რაც თავისთავად ზღუდავს მისი გამოყენების სფეროს.

ამიტომაცაა, რომ პერმანგანატის ახალი მეთოდით მიღების საკითხი დიდი ხანია იპყრობს მკვლევართა ყურადღებას. მრეწველობაში ადრე პერმანგანატს ქიმიური წესით იღებდნენ, ახლა კი გამოყენებულია მხოლოდ ნახევრად ელექტროქიმიური მეთოდი. ამას გარდა არსებობს პერმანგანატის მიღების წმინდა ელექტროქიმიური წესი, იგი ეფუძნება მწვავე კალიუმის ან პოტაშის წყალხსნარის ელექტროლიზს, როცა ანოდებად გამოყენებულია ლითონური მანგანუმი ან მანგანუმის შემცველი შენადნობი.

ლორენცისა [1] და ვილსონისა და ხორშის [2] შრომებში ნაჩვენებია, რომ მანგანუმი და ფერომანგანუმი ტუტე ხსნარებში ანოდურად იხსნება და პერმანგანატი წარმოიქმნება.

გერმანული პატენტი (№ 1225060, 1900 წ.) ითვალისწინებს ნატრიუმის პერმანგანატის მწვავე ნატრიუმის წყალხსნარიდან მიღებას, როცა ანოდად მანგანუმის კარბიდი იხმარება და დიაფრაგმა გამოყენებულია.

ტომპსონი [3], ვილსონისა და ხორშის მსგავსად, კალიუმის პერმანგანატს იღებს 75% მანგანუმის შემცველი ფერომანგანუმისაგან დიაფრაგმის გამოყენებით. პროცესის დენით გამოსავალი 17%-ია.

ჰენკე და ბროუნე [4] ნატრიუმის პერმანგანატს იღებდნენ ანოდად 92% მანგანუმის შემცველ ფერომანგანუმისა და კათოდად პლატინის გამოყენებით. ამ პროცესში პერმანგანატის კათოდური აღდგენის აცილების მიზნით ხმარობდნენ დიაფრაგმას.

საბჭოთა მკვლევრები პ. ლუკიანოვი და ნ. ბახჩისარაიციანი [5] პერმანგანატს იღებდნენ დიაფრაგმიან აბაზანაში ფერომანგანუმის ანოდებით. მათ მიერ ჩატარებული პროცესის დენით გამოსავალი 15—18%-ს უდრის.

ჩამოთვლილი ავტორების მიერ მიღებული შედეგები ერთმანეთის საწინააღმდეგოა. ამას გარდა პროცესისათვის საჭიროა დიაფრაგმა და, რაც მთავარია, მიიღება დიდძალი შლამი, რის გამოც პერმანგანატის გამოსავალი მცირეა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტში პერმანგანატის მისაღებად ჩატარებულია კვლევითი სამუშაოები, რომელთა ნაწილიც გამოქვეყნებულია [6,7,8,9].

წინასწარმა ცდებმა დაგვარწმუნა, რომ კარბონატის ხსნარებში ფერომანგანუმის ანოდურად გახსნისას დადებითად მოქმედებს დაბალი და მუდმივი ტემპერატურა. ჩვენ მიერ კათოდად გამოყენებული სპირალურად დახვეული სპილენძის მილი, რომელშიც გადიოდა წყალი, იმავე დროს მაცივრის როლსაც ასრულებდა. ანოდებად კი იხმარებოდა მაღალი სიხშირის ლუმენში ჩამოსხმული სხვადასხვა ნიმუშის ფერომანგანუმი, რომელთა შედგენილობა აქვეა მოყვანილი:

1. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი:

Mn—77,18%	Si—1,18%
Fe —14,57%	P—0,35%
C — 6,47%	S—0,08%

2. საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი:

Mn—90,13%	Si—2,10%
Fe — 4,60%	P—0,24%
C — 1,02%	S—არ განსაზღვრულა

3. მცირე ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი:

Mn—82,60%	Si—2,76%
Fe —11,62%	P—0,28%
C — 1,36%	S—არ განსაზღვრულა

ტემპერატურის მუდმივობა დაცული იყო ზღვრებში  $\pm 1^\circ$ .

შესწავლილია ელექტროლიტის კონცენტრაციის, ტემპერატურის, დენის სიმკვრივისა და პროცესის ხანგრძლიობის გავლენა კალიუმის კარბონატის წყალხსნარებში ფერომანგანუმის ანოდურ გახსნაზე.

ცხრილი 1

ელექტროლიტის კონცენტრაციის გავლენა

ცდის №	ელექტროლიტის კონც. გ/ლ	დენის ძალა ამპერ. J	ძაბვა მომე. ვოლტ. V	ცდის ხანგრ. საათებ. h	ელექტ. ტენ. $\frac{C}{g}$	ანოდ. დენის სიმკვ. $\Delta A$ ა/დმ <sup>2</sup>	კათოდ. დენის სიმკვ. $\Delta K$ ა/დმ <sup>2</sup>	დენით გამოსავალი $\eta_1\%$	პროდუქტის გამოსავალი $\eta_2\%$	ენერგიის ხარჯი კვს/კგ $KMnO_4$
1	50	7	7,1	9	16	18,4	2,0	18,3	61,2	45,9
2	100	"	6,7	8	17	18,9	"	19,1	65,1	44,4
3	150	"	6,5	16	16	20,0	"	23,8	71,8	32,4
4	200	"	5,7	17	16	20,0	"	29,6	77,8	22,9
5	250	"	5,2	20	17	19,4	"	35,4	79,5	17,4
6	300	"	4,6	24	17	18,4	"	40,7	81,6	13,4
7	350	"	4,4	20	16	18,9	"	36,2	81,8	14,4
8	400	"	4,2	12	16	19,4	"	35,6	82,8	14,1
9	450	"	4,1	16	17	19,4	"	35,8	82,0	13,5

პირველ ცხრილში წარმოდგენილი ცდების შედეგები გვიჩვენებს პროცესის მსვლელობაზე ელექტროლიტის კონცენტრაციის გავლენას. ცდების ამ სერიისათვის გამოყენებულია საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი.

ელექტროლიტის ( $K_2CO_3$ ) კონცენტრაცია იცვლებოდა 50 გრ/ლ-დან 450 გრ/ლ-მდე.

ელექტროლიტის განზავებით აბაზანის მომჭერებზე ძაბვა იზრდება, რადგან იზრდება ანოდური პოლარიზაცია და იკლებს ხსნარის ელექტროგამტარობა. ამ ფაქტორების გავლენა იმდენად დიდია, რომ ძაბვა 4,1 ვოლტიდან (ცდა № 9) 7,1 ვოლტამდე აღის (ცდა № 1). კარბონატის დაბალი კონცენტრაციით და, მაშასადამე, ხსნარის დაბალი ტუტეანობით, გარდა ძაბვის გაზრდისა, მცირდება პროდუქტის გამოსავალი 61,2%-მდე და დენით გამოსავალი—18,3%-მდე. ხსნარებისათვის—100 გრ/ლ  $K_2CO_3$  მიიღება ანალოგიური სიდიდეები. ცდების შედეგად შერჩეულია ელექტროლიტის ოპტიმალური კონცენტრაცია—300 გრ/ლ  $K_2CO_3$ . ამ შემთხვევისათვის დენით გამოსავალი ტოლია 40,7%-ისა, ხოლო პროდუქტის გამოსავალი 81%-ისა. ხვედრითი ელექტროენერგიის ხარჯი აღწევს 13,4 კვს/კგ.

მე-2 ცხრილში მოცემულია პროცესზე ელექტროლიზის ხანგრძლიობის გავლენა.

ცხრილი 2

ელექტროლიზის ხანგრძლიობის გავლენა

№№	h	c	J	v	t°	ΔA	ΔK	η <sub>1</sub>	η <sub>2</sub>	კვს/კგ
10	1	300	7	4,6	16	17,5	2,0	40,0	—	13,6
11	2	"	"	"	16	"	"	40,1	—	13,6
12	3	"	"	"	16	"	"	39,3	—	13,8
13	12	"	"	"	17	19,5	"	41,1	86,2	13,2
14	19	"	"	"	17	"	"	40,5	85,2	13,4
15	24	"	"	"	17	18,0	"	40,7	85,7	13,4
16	29	"	"	4,6—4,7	16	16,6	"	38,1	84,1	14,3
17	40	"	"	4,6—4,8	16	17,5	"	35,7	82,0	15,5
18	50	"	"	4,6—4,9	16	17,9	"	33,6	81,0	16,6
19	40	"	"	4,6	17	17,9	"	40,5	—	13,4

ცდების ამ სერიისათვის გამოყენებული იყო საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი. მიღებული შედეგებით შეიძლება ითქვას, რომ კალიუმის კარბონატის წყალხსნარში ფერომანგანუმის ანოდურად გახსნის მაჩვენებლები არ უარესდება ელექტროლიზის ხანგრძლიობის მიხედვით. დენით გამოსავლის შემცირება (ცდა № 16, 17 და 18) გამოწვეულია ცდების პერიოდში ელექტროლიტის განუახლებლობით. № 19 ცდით, რომელიც შესრულებულია განახლებული ელექტროლიტით, დადასტურებულია, რომ ელექტროლიზის ხანგრძლიობა არ ამცირებს მის მაჩვენებლებს.

ელექტროლიზის პროცესზე ანოდური დენის სიმკვრივის გავლენის მახასიათებლები მოცემულია 3, 4 და 5 ცხრილებში, საშუალო ნახშირბადიანისა,



მცირე ნახშირბადიანისა და ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოყენების შემთხვევებში ცალ-ცალკე.

ცხრილი 3

ანოდური დენის სიმკვრივის გავლენა

№№	$\Delta A$	$J$	$h$	$v$	$t^\circ$	$\Delta K$	$\eta_1$	$\eta_2$	კვს/კვ
20	5,7	2	5	3,1	15	0,6	5,8	55,0	64,0
21	8,6	3	10	3,4	15	0,9	15,1	57,9	26,7
22	11,5	4	19	3,7	16	1,2	22,0	60,9	19,9
23	13,9	5	15	3,9	16	1,5	25,8	73,5	17,9
24	16,6	6	20	4,2	17	1,8	31,1	75,3	16,0
25	18,0	7	24	4,5	17	2,0	40,7	85,7	13,4
26	19,5	7	12	4,6	17	2,0	41,1	86,2	13,2
27	21,0	8	14	4,9	17	2,3	39,6	82,7	14,6
28	23,7	9	12	5,3	18	2,6	40,1	80,6	15,6
29	26,3	10	12	5,6	18	2,9	39,9	81,1	16,6

დენის სიმკვრივის გაზრდით უმჯობესდება პროცესის მაჩვენებლები და, მიუხედავად ძაბვის ზრდისა, მცირდება ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი. მაგრამ დენის მაღალი სიმკვრივეებისათვის ( $\Delta A > 20$ ), ძაბვის მკვეთრი ზრდის გამო (5,6 ვოლტი), ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი კვლავ მცირედად იზრდება.

ცხრილი 4

ანოდური დენის სიმკვრივის გავლენა

№№	$\Delta A$	$J$	$v$	$h$	$t^\circ$	$\Delta K$	$\eta_1$	$\eta_2$	კვს/კვ
30	5,3	2	3,7	3	15	0,6	10,1	57,8	43,3
31	11,1	4	4,2	6	16	1,2	16,5	61,8	30,2
32	13,9	5	4,6	11	17	1,5	21,6	62,9	25,3
33	16,6	6	4,8	15	17	1,8	30,7	73,1	18,5
34	18,0	7	5,4	22	18	2,0	36,5	80,3	17,5
35	19,5	7	4,9	24	17	2,0	33,2	81,3	17,5
36	22,8	8	5,6	18	18	2,3	34,1	83,0	19,4
37	28,0	7	5,6	20	20	2,0	38,7	83,1	17,1

ცხრილი 5

ანოდური დენის სიმკვრივის გავლენა

№№	$\Delta A$	$J$	$v$	$c$	$h$	$t^\circ$	$\Delta K$	$\eta_1$	$\eta_2$	კვს/კვ
38	8,7	3,5	3,4	296	2	16	1,0	35,1	—	11,0
39	16,6	7	4,0—4,2	"	4	16	2,0	43,8	86,2	11,1
40	17,5	7	4,0—4,3	"	29	15,5	2,0	48,1	97,5	10,6

მოყვანილი შედეგების საფუძველზე შეიძლება ვთქვათ, რომ ანოდური დენის სიმკვრივის გავლენა პროცესის მსვლელობაზე ერთი რიგისაა, იმ განსხვავებით, რომ ანოდში ნახშირბადის პროცენტის გაზრდით პროცესის მაჩვენებლები საგრძნობლად იზრდება.

ელექტროლიზის პროცესზე ტემპერატურის გავლენა შესწავლილია ანოდების ორ ნიმუშზე—ნახშირბადიანი და საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმით. ცდების შედეგები მოყვანილია მე-7 ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ ტემპერატურის აწევით იზრდება ანოდურად გახსნილი მანგანუმის დაბალქონცენტრაციულად გადასვლა და საგრძნობლად მცირდება პერმანგანატის გამოსავალი. მიუხედავად იმისა, რომ ტემპერატურის აწევით ძაბვა მცირდება, ენერჯის ხარჯი მაინც იზრდება.

ცხრილი 6

ტემპერატურის ცვლადობის გავლენა

№№	c	t°	ΔA	J	v	h	ΔK	η <sub>1</sub>	η <sub>2</sub>	კვს/კვ
39	296	16	16,6	7	4,0—4,2	4	2,0	43,8	86,2	11,1
41	"	30—33	17,0	"	3,6—3,7	4	"	28,1	72,0	15,4
42	"	46	15,5	"	3,2—3,3	2	"	19,3	66,5	19,9
43	"	48	15,5	"	3,2—3,3	4	"	13,9	48,2	27,3
44	300	17	18,4	"	4,6	24	"	40,7	81,6	12,4
45	"	30—34	18,8	"	4,3	4	"	32,1	—	15,9
46	"	46	18,0	"	3,8	4	"	18,5	—	24,3

ყველა ეს მონაცემი, როგორც ნახშირბადიანი (ცდა № 39, 41, 42, 43), ისე საშუალო ნახშირბადიანი (ცდა № 44, 45, 46) ფერომანგანუმის ანოდების გამოყენებისას, გვიკარნახებს, რომ ელექტროლიტის დაბალი ტემპერატურა ერთი განსამზღვრელთაგანია პროცესის უკეთ მსვლელობისათვის.

კარბონატის ხსნარებში ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის ანოდური გახსნის პროცესზე კათოდური დენის სიმკვრივის გავლენა დახასიათებულია მე-7 ცხრილში მოყვანილი მაჩვენებლებით, საიდანაც ჩანს, რომ კათოდური დენის სიმკვრივე არსებით გავლენას არ ახდენს არც პროდუქტისა და არც დენით გამოსავალზე. რაც შეეხება ელექტროენერჯის ხვედრით ხარჯს, იგი იზრდება კათოდური დენის სიმკვრივის გაზრდით, რადგანაც შესაბამისად იზრდება ძაბვაც. ასე, მაგალითად, როცა კათოდური დენის სიმკვრივე 2,0 ა/დმ<sup>2</sup>-ზეა, ძაბვა უტოლდება 4,1 ვოლტს, ხოლო ელექტროენერჯის ხარჯი 11 კვს/კვ. იმ შემთხვევისთვის კი, როდესაც კათოდური დენის სიმკვრივე 51,5 ა/დმ<sup>2</sup>-ზეა, ძაბვა 6,5 ვოლტამდე აღის და ელექტროენერჯის ხარჯი 18 კვს/კვ-მდე.

ცდა № 48-ს შედეგად მიღებული შემცირებული მაჩვენებლები პროცესის ტემპერატურული რეჟიმის დარღვევით აიხსნება.

ელექტროქიმიური წესით მანგანუმის შენადნობებისაგან პერმანგანატის მიღების ძირითად ნაკლს, ლუკიანოვისა და ბახჩისარაიციანის [5] აზრით, შლამის დიდი რაოდენობით მიღება წარმოადგენს. მათი გამოანგარიშებით,

კათოდური დენის სიმკვრივის გავლენა

ცხრილი 7

№№	c	SK	ΔK	ΔA	J	v	t°	η <sub>1</sub>	η <sub>2</sub>	კვს/კვ
47	296	0,097	51,5	16,39	5	6,5	18	42,6	86,2	18,0
48	"	0,6	10,0	18,1	6	5,6—5,8	18—22	38,6	76,0	17,6
39	"	3,39	2,0	16,6	7	4,0—4,2	16	43,8	86,2	11,1

ყოველ 100 გრამ პერმანგანატზე მიიღება 140 გრამი შლამი. ჩვენ მიერ წარმოდგენილი მეთოდით კი, პროდუქტის მაღალი გამოსავლიანობის შემწეობით (90%), აცილებულია ეს ძირითადი ნაკლიც, რადგან მსგავსივე გამოანგარეშებით ყოველ 100 გრამ პერმანგანატზე მხოლოდ 8 გრამი შლამი მიიღება.

ლაბორატორიული მონაცემები ჩვენ მიერ შემოწმებულია მსხვილ ლაბორატორიულ დანადგარზე. ფერომანგანუმის ანოდები (ზომით 45×20×280 მმ) ჩამოსხმულია მაღალი სიხშირის ლუმენში მაგნეზიტის ტიგლებში გამოყენებით. 600°-მდე წინასწარ გახურებულ თუჯის ყალიბებში ჩამოსხმული ანოდები მუფელიან ლუმენში თავსდება და 800°-ანი რვასათიანი მოშვების შემდეგ ნელ-ნელა ცივდება 20—25 საათის განმავლობაში. ამ წესით დამზადებული ელექტროდები არ იბზარებოდა და კარგად უძლებდა დენის ქვეშ ხანგრძლივად ყოფნას. ჩატარებული მსხვილი ლაბორატორიული ცდების ზოგიერთი მონაცემი მოყვანილია მე-8 ცხრილში. ცდები ჩატარებულია თორმეტლიტიან აბაზანაში.

ცხრილი 8

№№	ანოდში მანგანუმის რაოდ. %	J	v	t°	ΔA	ΔK	h	η <sub>1</sub>	η <sub>2</sub>	კვს/კვ
1	77	60	4,0—4,4	15	19,0	3,8	20	37,1	74,7	13,4
2	90	60	4,6—4,9	16	19,1	3,8	24	35,1	76,5	16,0
3	77	60	4,0—4,4	15	19	3,8	14	35,1	77,5	14,2
4	90	70	5,4	16	19,2	4,4	12	32,3	—	19,8

ელექტროლიზის პროცესის მაჩვენებლები ძირითადად დაემთხვა აღრე ჩატარებული ლაბორატორიული ცდების შედეგებს.

ანოდების გახსნა თანაბრად მიმდინარეობს, ელექტროდების ზედაპირი ცდის შემდეგ გლუვი იყო და ლითონური ბზინვარება ჰქონდა.

ანოდები პერმანგანატის კრისტალებით არ დაფარულა, მიუხედავად იმისა, რომ აღებულ ტემპერატურაზე პერმანგანატის ძირითადი რაოდენობა მყარ ფაზაშია წვრილი კრისტალების სახით. მიღებული კრისტალები და შლამი ელექტროლიტს მარტივად გაწურვით გამოეყოფოდა; ნალექი ცხელ წყალში იხსნებოდა და ხსნარის დეკანტაციით მას გამოეცლებოდა შლამი, ხოლო ხსნარის გაცივების შემდეგ მიიღებოდა პერმანგანატის სასურველი სისუფთავის ნემსისებრი კრისტალები.

დასკვნები

1. ჩატარებულია ნახშირბადიანი, საშუალონახშირბადიანი და მცირე-ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის ანოდური გახსნის ცდები ტექნიკური სისუფთავის  $K_2CO_3$ -ს წყალხსნარში. შესწავლილია: ელექტროლიტის კონცენტრაციის, ტემპერატურის, ანოდური და კათოდური დენის სიმკვრივისა და პროცესის ხანგრძლიობის გავლენა ელექტროლიზის მსვლელობაზე.

2. ელექტროლიზის ოპტიმალური პირობებია:  
ელექტროლიტი  $K_2CO_3$  . . . . . 300 გრ/ლ-ზე  
ანოდები . . . . . ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი  
ანოდური დენის სიმკვრივე . . . 15—18 ა/დმ<sup>2</sup>  
ტემპერატურა . . . . . 16—18°.

3. პროცესი ყოველგვარი პასივაციის გარეშე მიმდინარეობს უდიაფრაგ-მა აბაზანებში პერმანგანატის უშუალო წარმოქმნით.

ელექტროლიზის მაჩვენებლებია:  
დენით გამოსავალი . . . . . 40—45%  
პროდუქტის გამოსავალი . . . . . 80—90%  
ელექტროენერგიის ხარჯი . . . . . 11—12 კვს/კვ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 29.9.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Lorenz. Zeitschrift für Analytische Chemie 12, 393, 1896.  
2. Wilson and Horsch. Transactions of the American Electrochemical Society, 35, 371, 1919.  
3. Thompson. Chemical and Metallurgical Engineering, 21, 630, 1919.  
4. Henke and Brown. Journal of Physical Chemistry, 24, 608, 1920.  
5. П. М. Лукьянов, Н. Г. Бахчисарайцыян. Электрохимическое получение перманганата калия непосредственно из пиролизита и марганцевых сплавов. Журнал прикладной химии, т. XII, № 3, 1939, 324—345.  
6. Р. И. Агладзе. Получение манганатов и перманганатов путем анодного растворения металлического марганца. Труды Ин-та металла и горного дела АН ГССР, том II, 1—33, 1949.  
7. Р. И. Агладзе, Г. М. Доманская. Получение перманганата и манганата калия анодным растворением металлического марганца. Журнал прикладной химии, № 8, 1951, 787—793.  
8. Р. И. Агладзе, Г. М. Доманская. Получение перманганата и манганата натрия анодным растворением металлического марганца. Журнал прикладной химии, № 9, 1951, 915—924.  
9. Р. И. Агладзе, М. Г. Гдзелишвили. Способ получения перманганатов анодным растворением ферромарганца и силикомарганца. Авторское свидетельство № 94195 от 24/IV 1951.

## ენტომოლოგია

ლ. ოთხმეზური

## ციანწყალბადის გამოყენება ვაზის ცრუფარიანას წინააღმდეგ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ლ. ყანაველმა 30.7.1953)

სასოფლო-სამეურნეო შხამებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ციანწყალბადს. ის ერთადერთი ფუმიგანტია, რომელიც დიდი წარმატებით არის გამოყენებული მცენარეებზე ბუნებაში; ჩვენი ციანის შენაერთებს ფართოდ იყენებენ ციტრუსებზე ფარიანების წინააღმდეგ. ამ შემთხვევაში ციანწყალბადი ყველაზე რადიკალურ ღონისძიებად ითვლება.

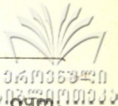
ციანის შენაერთებს ყურადღება მიაპყრეს ვაზის მავნებლების წინააღმდეგ ბრძოლისათვისაც. არის ცნობა, რომ კრასილშჩიკოვის მიერ 1915 წ. [1] ფუმიგაცია ჩატარებული იყო ვაზზე; მალეის მიერ 1916 წ. ჩრდილო აფრიკაში ციანწყალბადით ფუმიგაცია გამოყენებულ იქნა ვაზზე ფქვილისებრი ცრუფარიანას *Pseudococcus capensis*-ის წინააღმდეგ; 1924 წ. გამოქვეყნებულ შრომაში [4] ი. პრინცი უარყოფს ციანგაზის გამოყენებას ვაზის ცრუფარიანას მიმართ. შედარებით მეტ ექსპერიმენტულ მასალას იძლევა შეკი [7]. მაგრამ შეკის ცდები მხოლოდ საორიენტაციოა და, როგორც ჩანს, რიგი ძირითადი საკითხები მის მიერ ხელშეუხებელი დარჩენილა. მაგალითად, მას სრულიად არ აქვს გარკვეული ციანწყალბადის მოქმედება კვერცხებზე, არ გაურკვევია ფიტოტოქსიკური მოქმედება; ჩვენი აზრით, სიკვდილიანობის აღრიცხვა შესაფერისად არ აქვს ჩატარებული და სხვ.

ნ. სოლოვიოვას [5] ვრცლად მოყავს ცნობები უმთავრესად შეკის მიერ ვაზზე ჩატარებული ფუმიგაციის შედეგების შესახებ, მაგრამ ეს ცნობები, ჩვენი აზრით, მეტად ბუნდოვანია; მაგალითად, ავტორს განაზომები აქვს აღებული კვადრატული მეტრობით; ციანნადნობის ნორმას პრაქტიკისათვის ურჩევს 150 გ მ<sup>2</sup> ზე; რომლის დროსაც დაბლა იარუსებში მიღებული აქვს ვაზის ცრუფარიანას სიკვდილიანობა 60%-მდე, რაც, რა თქმა უნდა, დამაკმაყოფილებელ შედეგებად არ უნდა ჩაითვალოს.

ვაზის ცრუფარიანას წინააღმდეგ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ატარებდა ცდებს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მევენახეობის ინსტიტუტიც.

უკანასკნელს გამოცდილი აქვს მხოლოდ მცენარეული ალკალოიდები, ნავთკირის ემულსიები და სხვა კონტაქტური შხამები.

ამ მავნებლის წინააღმდეგ არსებულ საშუალებათა შემოწმებისა და უფრო ეფექტური ღონისძიების დამუშავების მიზნით რიგი წლების განმავლობაში ჩვენ შევისწავლეთ მრავალი შენაერთი, რომელთა გამოცდის შედეგები



გამოქვეყნებული იყო 1950 წ. [6]. ამ ცდების მიხედვით გამორკვეული იყო, რომ ციანის შენაერთების გამოყენება შეიძლება მიჩნეულ იქნეს ყველაზე რადიკალურ ღონისძიებად აღნიშნული მავნებლის წინააღმდეგ ბრძოლისათვის, მაგრამ საჭირო იყო მუშაობის შემდგომი გაგრძელება მთელი რიგი საკითხების დაზუსტებისათვის, კერძოდ, დაზუსტებული უნდა ყოფილიყო ციანწყალბადის ოვიციდური თვისებები, ფიტოტოქსიკური მოქმედება, ფუმიგაციის ჩატარების ვადები და სხვადასხვა ტემპერატურაზე გაზის გამოყოფის დინამიკა მის მოქმედებასთან დაკავშირებით.

ჩვენ შევეცადეთ წინამდებარე ნაშრომში ექსპერიმენტების საფუძველზე მოგვეცა აღნიშნული ძირითადი საკითხების ანალიზი.

### მეთოდთა

ცდები ტარდებოდა ლაბორატორიის პირობებში (მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ განყოფილებაში) და ბუნებაში.

ლაბორატორიაში ცდები ტარდებოდა მინის ექსიკატორში, რომლის ტევადობა 22 ლიტრს უდრიდა. ფუმიგაციისათვის აღებული იყო 35%-ანი ციანნატრიუმი და გოგირდის მჟავა ხე. წონით 1,84. შხამის შეტანამდე ექსიკატორში თავსდებოდა მავნებლით დასახლებული კარტოფილის ტუბერები. სიკვდილიანობის აღრიცხვა ყველა ხნოვანებისა (გარდა კვერცხებისა) წარმოებდა მე-3—მე-5 დღეს. ფუმიგირებული კვერცხები სინჯარებში თავსდებოდა და საკონტროლო ვარიანტთან ერთად ინახებოდა ოთახის ტემპერატურაზე. ზოგიერთ შემთხვევაში შესადარებლად გამოცდილი იყო გოგირდოვანი გაზიც. ცდების პროცესში შემჩნეულ იქნა, რომ ციანწყალბადი და გოგირდოვანი გაზი კვერცხებიდან გამოჩეკას აგვიანებს, ამიტომ დაკვირვება კვერცხის გამოჩეკაზე ერთი თვის განმავლობაში გრძელდებოდა ბინოკულარის ქვეშ ყოველდღიური გასინჯვით.

გაზის გამოყოფის დინამიკის შესწავლა ხდებოდა სპეციალურად გამზადებული კარვის ქვეშ; ამისათვის გაკეთებული იყო ხისაგან 1 მ<sup>3</sup> მოცულობის კარკასი, რომელსაც ზენოდან ტილო გადაეფარა. ციანნატრიუმიდან გაზის გამოყოფა ხდებოდა ქოთნის წესით, კომპონენტების შეფარდებით: — 1:1,5:3 (1 ნაწილი ციანნატრიუმი, 1,5 ნაწილი გოგირდის მჟავა, 3 ნაწილი წყალი).

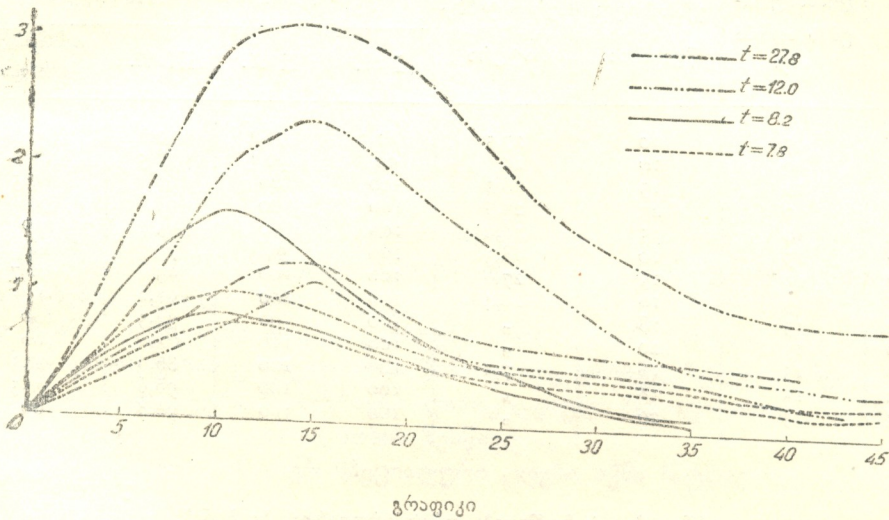
გაზის კონცენტრაცია კარავში იზომებოდა ქვედა და ზედა იარუსებში, ყოველ ხუთ წუთში ნიმუშების აღებით. 30—40 წუთის განმავლობაში გაზის ანალიზი ტარდებოდა ლიბიხ-დენიჟეს მეთოდით.

ბუნებაში ცდები ტარდებოდა სამტრესტის ხირსის საბჭოთა მეურნეობაში (საქართველოს სსრ, სიღნაღის რაიონი) კარვის მეთოდით. მავნებლის სიკვდილიანობის აღრიცხვა ხდებოდა ხნოვანების მიხედვით, იმავე 3—5 დღის განმავლობაში, 500—1000 ცალის დათვლით.

### ცდების შედეგები

გაზის დინამიკა. ტემპერატურებთან დაკავშირებით გაზის გამოყოფის დინამიკის შესწავლის დროს მიღებულია შემდეგი სურათი (იხ. გრაფიკი).

ციანნატრიუმიდან (ქოთნის წესით) ციანწყალბადის გამოყოფა, როგორც შოსალოდნელი იყო, სწრაფად იწყება და გაზის გამოყოფის მაქსიმუმი ყველა შემთხვევაში 5—15 წუთის ფარგლებშია. 15 წუთის შემდეგ გაზის გამოყოფის



ინტენსიობა თანდათანობით მცირდება და 30 წუთის შემდეგ მინიმუმამდე ეცემა. ტემპერატურა დიდ გავლენას ახდენს გაზის გამოყოფის ინტენსიობაზე. მაგალითად, 7°-ზე ციანწყალბადის კონცენტრაცია არ აღემატება 1 გ/მ<sup>3</sup>-ზე, 28°-ზე კი ის 3,5 გ აღწევს მ<sup>3</sup>-ზე.

### მავენებლის მოძრავ ფორმებზე მოქმედება

აღნიშნული გაზის დინამიკის მიხედვით აშკარაა, რომ ტემპერატურებს შვეთრი განსხვავება უნდა მოეცა მავენებლებზე ციანწყალბადის მოქმედების მხრივ, რასაც თვალსაჩინო პრაქტიკული მნიშვნელობა უნდა ჰქონოდა. ამის შესამოწმებლად ცდები ჩატარდა ლაბორატორიის პირობებში როგორც მაღალ, ისე დაბალ ტემპერატურაზე. ცდის შედეგები მოცემულია პირველ ცხრილში. პირველი ცხრილიდან საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ ციანწყალბადის მიმართ შედარებით გამძლეობას იჩენენ მესამე ხნოვანების მატლები და ზრდასრული ფორმა. 100%-ანი სიკვდილიანობა მიღებულია ყველა ხნოვანების მიმართ მხოლოდ 15 გ/მ<sup>3</sup> ნორმისა და 20 წუთიანი ექსპოზიციის დროს. ტემპერატურის გავლენა ფუმიგაციის ეფექტიანობაზე იმით მჟღავნდება, რომ იგივე 15 გ/მ<sup>3</sup> 20 წუთიანი ექსპოზიციით 7,2°-ზე იძლევა მესამე ხნოვანების მატლების 98,8% სიკვდილიანობას, იმ დროს, როცა ტემპერატურის აწევა ყველა ხნოვანების 100% სიკვდილიანობას იძლევა.

უფრო ნათელი სურათის მიღების მიზნით ანალოგიური ცდები ჩატარდა ბუნებაში (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 1

ციანწყალბადის მოქმედება ვაზის ცრუფარიანას მატლებსა და ზრდასრულ ფორმაზე

№№ რიგზე	ციანნატრიუმის ნორმა გ/მ <sup>3</sup>	ექსპოზიცია წუთობით	ჰაერის ტემპურატურა	სიკვდილიანობა %/%-ობით			
				I ხვ.	II ხვ.	III ხვ.	ზრდასრული ფორმა
1	5	10	27,5	81,3	72,4	50	—
2	10	10	29	90	90	86,5	66,5
3	10	15	28,3	100	100	91	87,5
4	10	25	25,8	100	100	94	90
5	10	35	28,2	100	100	95	100
6	15	10	28,3	100	94,5	75	68
7	15	15	27,0	100	100	93	92,7
8	15	16	28,4	100	100	91,2	93
9	15	18	"	100	100	94,5	100
10	15	20	"	100	100	100	100
11	15	16	7,2	100	100	86,0	90,5
12	15	18	"	100	100	96,6	90,5
13	15	20	"	100	100	98,8	100

ცხრილი 2

ციანწყალბადის მოქმედება ვაზის ცრუფარიანაზე ბუნებაში

№№ რიგზე	ციანნატრიუმის ნორმა გ/მ <sup>3</sup> -ზე	ექსპოზიცია წუთობით	ჰაერის ტემპურატურა	სიკვდილიანობა %/%-ობით			
				I ხვ.	II ხვ.	III ხვ.	ზრდასრული ფორმა
1	20	20	27,0	100	100	97,5	97
2	20	30	29,6	100	100	99,2	98,4
3	30	20	28,6	100	100	98	98,5
4	40	20	24,2	100	100	99	98,5
5	40	30	20,2	100	100	100	100
6	30	30	24,2	100	100	100	100

ბუნებაში მიღებული შედეგები მკვეთრად განსხვავებულია ლაბორატორიაში მიღებული შედეგებისაგან. ეს უკანასკნელი, რასაკვირველია, უნდა აიხსნას კარვიდან ვაზის ადვილად გაპარვით ტილოს ფორიანობის გამო, რის გამო ბუნებაში ყველა ხნოვანებისა და ზრდასრული ფორმის 100%-მდე სიკვდილიანობის მისაღებად საჭიროა არა 15 გ/მ 20 წუთიანი ექსპოზიციით, როგორც ექსპერტორში, არამედ 30 გ/მ<sup>3</sup>-ზე 30 წუთიანი ექსპოზიციით. ტემპურატურის გარდა დიდ ყურადღებას იპყრობს ექსპოზიციის გავლენაც; ნორმა 40 გ/მ<sup>3</sup> 20-წუთიანი ექსპოზიციით არ იწვევს ყველა ხნოვანების 100%-მდე სიკვდილიანობას, იმ დროს, როცა 30 გ/მ<sup>3</sup>-ზე 30-წუთიანი ექსპოზიციით, საკმარისია ყველა ხნოვანების 100%-მდე სიკვდილიანობის მისაღებად.

ჩვენი ასეთი მონაცემები ეწინააღმდეგება დებულებას, რომლის თანახმადაც „ციანწყალბადის მომზადება მოქმედება პირველ რიგში დამოკიდებულია



მის კონცენტრაციაზე, ე. ი. მის სწრაფად შთანთქმულ რაოდენობაზე და ნაკლებად არის დამოკიდებული გარკვეული დროის მონაკვეთში ორგანიზმში შეყვანილ მის აბსოლუტურ რაოდენობაზე“ (პეტერსი [3]).

მაშასადამე, ჩვენი შედეგების თანახმად შეგვიძლია მივიღოთ, რომ „ციანმჟავას მოქმედება არ შეიძლება ყოველთვის პირველ რიგში დამოკიდებული იყოს კონცენტრაციაზე და ნაკლებ იყოს დამოკიდებული მის აბსოლუტურ რაოდენობაზე“.

ციანწყალბადის ოვიციდური მოქმედება

ციანწყალბადის ოვიციდურ მოქმედებას რომ განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა, ეს გამოწვეული იყო იმ გარემოებით, რომ ავტორები ამ საკითხს არ ეხებიან. გარდა ამისა, მკვლევართა უმრავლესობა იმ აზრისაა, რომ ცრუფარიანას კვერცხები დიდად გამძლენი არიან ციანწყალბადის მიმართ [1, 2], ამავდროს ვაზის ცრუფარიანას წინააღმდეგ გამოყენებული რომელიმე ნივთიერების ეფექტურობა ბევრადაა დამოკიდებული მის ოვიციდურ თვისებებზე, ამიტომ საჭირო იყო ამ საკითხის შესწავლა.

ამ მიზნით ჩვენ მიერ სპეციალური ცდები იქნა ჩატარებული (იხ. ცხრილი 3).

ცხრილი 3

ციანწყალბადის მოქმედება ვაზის ცრუფარიანას კვერცხებზე

№№ რიგზე	ნატრიუმციანის რაოდენობა გ/მ <sup>3</sup>	ექსპოზიცია წუთობით	ჰაერის ტემპერატურა	გამოიჩეკა თუ არა
1	5	5	18,2	გამოიჩეკა
2	5	10	"	"
3	5	15	"	"
4	5	20	"	"
5	5	25	"	"
6	5	30	"	"
7	7	20	21,0	არ გამოიჩეკა
8	10	50	24,0	გამოიჩეკა
9	10	10	"	"
10	10	15	"	"
11	10	20	"	არ გამოიჩეკა
12	15	5	"	გამოიჩეკა
13	15	10	"	"
14	15	15	"	"
15	20	5	24,0	არ გამოიჩეკა
16	20	10	"	გამოიჩეკა
17	20	15	"	არ გამოიჩეკა

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ციანწყალბადს ძლიერი ოვიციდური თვისებები აქვს. ვაზის ცრუფარიანას კვერცხებიდან მატლები არ იჩეკებიან ციანნატრიუმის 10 გ/მ<sup>3</sup> 20-წუთიანი ექსპოზიციის დროს. თუ მესამე ცხრილში მოყვანილ მონაცემებს შევადარებთ პირველი ცხრილის მონაცემებს, დავინა-



ხათ, რომ პირველი და მეორე ხნოვანების მანებელნი უფრო ნაკლებ გამძლეობას იჩენენ, ვიდრე კვერცხები; მაგრამ მესამე ხნოვანების მატლები და ზრდასრული ფორმები უფრო მეტ გამძლეობას იჩენენ, ვიდრე კვერცხები; მაგალითად, ციანნატრიუმის 15 გ/მ<sup>3</sup> 15-წუთიანი ექსპოზიციის დროს კვერცხებიდან მატლები არ იჩეკებიან (კვერცხების დაღუპვა უდრის 100%-ს), მაშინ როცა მესამე ხნოვანების მატლებისა და იმაგოს მხოლოდ 93%-მდე იხოცება. კვერცხებზე ციანწყალბადის ასეთი ძლიერი მოქმედებაც ეწინააღმდეგება პეტერსის მიერ ზემოთ მოყვანილ დებულებას. მაგალითად, 20 გ/მ<sup>3</sup> 10-წუთიანი ექსპოზიციით არ იწვევს კვერცხის დაღუპვას, 7 გ/მ<sup>3</sup> კი 20-წუთიანი ექსპოზიციის დროს კვერცხებიდან იჩეკებიან მატლები, ე. ი. ამ შემთხვევაში კონცენტრაციის ზრდა უფრო უეფექტოა, ვიდრე ექსპოზიციის გადიდება. ეს მოვლენა, ჩვენი აზრით, შემდეგი მდგომარეობით უნდა აიხსნას: კვერცხები მოთავსებულია თეთრი ძაფებისაგან შემდგარ სქელ ცვილისებრ ფიფქში, რომელიც ახდენს ციანწყალბადის ადსორბციას; ადსორბირებული ციანწყალბადი დიფუზიის გზით იჭრება კვერცხის გარსში და შემდგომ შიგთავსში. ამიტომ რაც უფრო დიდი ხნის განმავლობაში იქნება კვერცხი გაზის არეში, მით მეტი უნდა იქნეს შხამის დიფუნდირება გარსში, მაშასადამე, ეფექტიანობაც უფრო მაღალი იქნება. ამის მიხედვით შეიძლება მივიღოთ მოსაზრება, რომ ცრუფარიანების კვერცხები, რომლებიც სქელ ცვილისებრ ფიფქშია მოცემული, ნაკლებ გამძლეობას იჩენენ ციანწყალბადის მიმართ, რასაც თვალსაჩინო პრაქტიკული მნიშვნელობა უნდა ექნეს.

ცდები სპეციალურად ოფიციალურ მოქმედებაზე ბუნებაშიც ჩატარდა (იხ. ცხრილი 4).

ცხრილი 4

ციანწყალბადის მოქმედება ვახის ცრუფარიანას კვერცხებზე ბუნებაში

№ რიგზე	ციანნატრიუმის ნორმა გ/მ <sup>3</sup>	ექსპოზიცია წუთობით	ჰაერის ტემპერატურა	გამოიჩეკა თუ არა
1	20	20	27,0	გამოიჩეკა
2	20	30	22,4	არ გამოიჩეკა
3	30	20	28,6	გამოიჩეკა
4	30	30	24,2	არ გამოიჩეკა
5	40	20	27,0	გამოიჩეკა
6	40	30	20,0	არ გამოიჩეკა

აღნიშნული ცხრილიც ადასტურებს ლაბორატორიაში მიღებულ შედეგებს და ჩვენს დასკვნას იმის შესახებ, რომ ექსპოზიციის ზრდა უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე კონცენტრაციის გადიდება. მაგალითად, ციანნატრიუმის 20 გ/მ<sup>3</sup> 20-წუთიანი ექსპოზიციით ადგილი აქვს კვერცხებიდან მატლების გამოიჩეკას. იმავე ნორმით ექსპოზიციის 30 წუთამდე გაზრდით კი კვერცხები იღუპება; პირიქით, ნორმის 20 გ/მ<sup>3</sup>-დან 40 გ/მ<sup>3</sup>-მდე გაზრდით ექსპოზიციის

შეუცვლელად (იგივე 20 წუთი) ადგილი არ აქვს ასეთ დიდ ცვლილებას, ე. ი. კვერცხები არ იღუპება.

### ფიტოტოქსიკური მოქმედება

ამ საკითხის გამოსარკვევად ტარდებოდა სისტემატური დაკვირვებები და სპეციალური ცდები. ჩატარებული ცდებით ირკვევა, რომ დილის საათებში ახალგაზრდა ფოთლების დაწვას ადგილი აქვს 15 გ/მ<sup>3</sup>-ზე ნორმის დროსაც კი, როცა ტემპერატურა 26°-ს აღწევს. 31,6°-ის დროს მიღებულია როგორც ახალგაზრდა, ისე ძველი ფოთლების ძლიერად დაწვა. 30 გ/მ<sup>3</sup> 25°-ის დროს მიღებულია ახალგაზრდა ფოთლებისა და ნაწილობრივ ძველი ფოთლების დაწვაც. 40 გ/მ<sup>3</sup>-ზე 25°-ის დროს იწვის როგორც ახალგაზრდა, ისე ძველი ფოთლები.

საღამოს საათებში ჩატარებული ცდების დროს 30—40 გ/მ<sup>3</sup> ნორმის შემთხვევაში 30°-ის დროს ფოთლების დაწვას ადგილი არ აქვს. მაშასადამე, სინათლეს, როგორც მოსალოდნელი იყო, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. ცდის ჩატარებისას დაწვას უფრო მეტად ადგილი აქვს ვაზის ბუჩქის მზით განათებულ ადგილებში. აღსანიშნავია აგრეთვე ის ფაქტიც, რომ დაწვა უფრო შესამჩნევია ზედა იარუსებში, რაც უნდა აიხსნას, ერთი მხრივ, ვაზის დაგროვებით, მეორე მხრივ კი იმით, რომ ახალგაზრდა ყლორტები მეტია ზედა იარუსებში.

ციანწყალბადის ასეთი ფიტოტოქსიკური მოქმედება საზღვარს უდებს მის გამოყენებას, მაგრამ ივლისის მეორე ნახევარში, როცა მაგნიტული გადაადის ფოთლებზე, ვაზის ზრდა დასრულებულია. ამ დროს ვაზში ტარდება მწვანე ოპერაციები: ვაზის ფურჩენა, ყლორტების წვეროების წაწყვეტა, ცის გახსნა.

დამწვარი ფოთლები და ყლორტები ისედაც სცილდება ვაზს, რის გამოც ფიტოტოქსიკური მოქმედება მნიშვნელობას კარგავს.

### ვენახის ფუმიგაციის რაციონალურობა

როგორც თავიდან იყო აღნიშნული, ჩვენში ფართოდ არის მიღებული ციტრუსების ციანწყალბადით ფუმიგაცია, მაგრამ ეს ღონისძიება შედარებით შრომატევადია. ამიტომ ბუნებრივად ისმის საკითხი ციტრუსებთან შედარებით რა ჯდება ვაზის ფუმიგაცია, ან საერთოდ მისაღები იქნება თუ არა ამ ღონისძიების ჩატარება. ამასთან დაკავშირებით ჩვენი დაკვირვების საფუძველზე მოგვყავს შემდეგი საორიენტაციო მონაცემები:

ფუმიგაციისათვის ციტრუსებში ერთ ხეს სჭირდება საშუალოდ 250 გ ციანნატრიუმი, ჰექტარს კი 250 კგ., რის ღირებულება შეადგენს 3500 მანეთს (კგ. ციანნატრიუმი ღირს 14 მან.), გოგირდმეჩავა 375 კგ. (კგ. ღირს 1,75 კაპ.), 656 მანეთის ღირებულებისაა, ე. ი. ციტრუსებში 1 ჰექტარის დამუშავება 4156 მანეთი ჯდება.

ფუმიგაციისათვის ხუთ ძირ ვაზს, რომელიც თავსდება 10 მ<sup>3</sup> მოცულობის კარკასში, სჭირდება 300 გ ციანნატრიუმი, ჰექტარს კი 210 კგ. გოგირდმეჩავა 325 კგ., რის ღირებულებაა 4200 მანეთი. პირობით ვიღებთ, რომ ციტრუსებისა და ვენახის თითოეულ ჰექტარზე საჭიროა მუშახელის ერთი და იგივე რაოდენობა. თუ ერთმანეთს შევუდარებთ აღნიშნულ ხარჯებს, მაშინ უნდა დავასკვნათ, რომ, თუ გამოვალთ ეკონომიური თვალსაზრისიდან, ვაზის ფუმიგაცია სავსებით რაციონალური უნდა იყოს. ამასთან ბევრ შემთხვევაში შეიძ-



ლება საჭირო იყოს არა მთლიანად (ჰაზე) ფართობების დამუშავება, არამედ გავრცელების კერების მიხედვით. ეს საკითხი შეიძლება ადგილობრივ გადაიკრას. ამას შეიძლება ისიც დაფუძნდეს, რომ ვაზის ცრუფარიანა საკარანტინო ობიექტია და საჭიროა ამ მხრივ განსაკუთრებული ყურადღების მიქცევა.

### დასკვნა

1. ჩვენი ცდების თანახმად, ვაზის ცრუფარიანას წინააღმდეგ ყველაზე უფრო ეფექტური საშუალებაა ციანწყალბადით ფუმიგაცია, წინააღმდეგ ცნობილი დებულებისა, რომ „ციანწყალბადით მოქმედება არ შეიძლება ყოველთვის პირველ რიგში დამოკიდებული იყოს კონცენტრაციაზე და ნაკლებ დამოკიდებული იყოს მის აბსოლუტურ რაოდენობაზე“.

2. წინააღმდეგ რიგი მკვლევრებისა, ციანწყალბადს ძლიერი ოვიციდური მოქმედება ახასიათებს: ვაზის ცრუფარიანას მე-3 ხნ. ზრდასრული ფორმა უფრო მეტ გამძლეობას იჩენს, ვიდრე კვერცხები. ოვიციდური მოქმედება პირველ რიგში დამოკიდებულია ექსპოზიციაზე, ვიდრე კონცენტრაციაზე; ჩვენი აზრით, ძლიერი ოვიციდური მოქმედების ერთ-ერთი მიზეზი უნდა იყოს სქელი ცვილისებრი ფიფქი, რომელშიც მოთავსებულია კვერცხები და რომელმაც მნიშვნელოვანი რაოდენობით უნდა შთანთქმას ციანწყალბადი, ამის შედეგად ციანწყალბადი უნდა შეიკრას კვერცხში.

3. ვაზის გამოყოფის დინამიკის შესწავლისა და ტოქსიკოლოგიური ცდების თანახმად, ფუმიგაცია უნდა ტარდებოდეს ზაფხულის პერიოდში.

4. ციანწყალბადს აქვს ძლიერი ფიტოტოქსიკური მოქმედება, მაგრამ ივლისის მეორე ნახევარში, როცა მავნებელი ფოთლებზე გადადის და ვაზის ზრდა დასრულებულია, ფუმიგაცია მისაღებია. ფუმიგაცია შესაძლებელია ჩატარდეს დღით 11 საათამდე და საღამოთი 5 საათის შემდეგ, როგორც ეს ხდება (დაახლოებით) სხვა მზამების გამოყენებისას.

ჩვენი აზრით, წარმოებაში ფუმიგაცია შეიძლება ჩატარდეს შერჩევით, ე. ი. იმ ვაზებზე ან ნაკვეთებზე, რომლებიც თვალსაჩინოდაა დაზიანებული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 30.7.1953)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. П. Войтенко. Проблемы фумигации цитрусовых цианистым водородом. Сов. Субтропики, 12 (28), 1936.
2. Г. А. Кирюхин. Руководство по обеззараживанию посадочного посевного материала карантинных объектов. Сухум, 1940.
3. Г. Петерс. Цианистые соединения и их применение в борьбе с вредителями и паразитами. Ленинград, 1935.
4. Я. И. Принц. Материалы по вредителям и болезням винограда и по искусственному опылению его. Тбилиси, 1925.
5. П. В. Соловьева. Результаты изучения виноградного мучнистого червеца и мер борьбы с ним в условиях Кировабадо-Актафинской зоны Азербайджанской ССР (Автораферат). 1951.
6. С. А. Карумидзе, Л. Т. Отхмезури, Т. Н. Купрашвили. К применению химических мероприятий против виноградного червеца. Сообщения Академии Наук Грузинской ССР, т. XI, № 8, 1950.
7. Г. Шекк. Борьба с виноградным червецом в Азербайджане. Защ. раст., № 6, 1935.

## ზოოლოგია

ს. ხალილოვა

## ტეტრანიხისებრი ტკიპების ორი ახალი სახეობა BRYOBIIDAE-სა და TRICHADENIDAE-ს ოჯახებშიდან

(წარმოდგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ფ. ზაიცემა 28.3.1953)

ტეტრანიხისებრი ტკიპების შესწავლამ, რაც 1951 წ. კიროვის სახელობის აზერბაიჯანის უნივერსიტეტის ზოოლოგიის კათედრამ დაიწყო, უკვე მიგვიყვანა საინტერესო თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობის მაჩვენებლებამდე. კერძოდ, დადგენილია, რომ აზერბაიჯანის ტეტრანიხოფაუნას არ ახასიათებს ის განსაკუთრებული ერთფეროვნება, რომელიც მოსალოდნელი იყო უკვე არსებული მეტისმეტად ღარიბი ცნობების საფუძველზე.

აზერბაიჯანში რამდენიმე წლის მანძილზე გროვდებოდა ტეტრანიგოლოგიური მასალა, რომლის მეცნიერულ დამუშავებას ჩვენ ვაწარმოებდით საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტში, სადაც ვღებულობდით საკონსულტაციო დახმარებას და ვსარგებლობდით ტეტრანიხისებრი ტკიპების უკვე დამუშავებული მდიდარი კოლექციებით. ჩატარებული მუშაობის შედეგად დადგენილია, რომ *Tetranychidae* Donn. 1875, *Bryobiidae* Reck 1952 და *Trichadenidae* Oud. 1938 ოჯახების სახეობებთან ერთად, რომლებიც აგრეთვე ცნობილი არიან საქართველოდან და სომხეთიდან, აზერბაიჯანის მასალაში აღმოჩნდა ორი სახეობა, რომლებიც მეცნიერებისათვის არ იყო ცნობილი. ქვემოთ მოგვყავს ამ სახეობების აღწერა, რომელიც შემოწმებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის სპეციალისტის პ. რეკის მიერ.

*Bryobia apsheronica* Chalilova, sp. n.

♀. სხეული ოვალური. პროპოდოსომა ნახევრად მრგვალი, გვერდითი გამონაზარდები არა აქვს. ზურგის დანაოქება არაა უხეშო, საკმაოდ თანაბარი. ზურგის ჯაგრები წაგრძელებული, პროპოდოსომაზე მარაოსებური, ხოლო გისტეროსომაზე ვიწრო-მარაოსებური ან შპატელისებური; ჯაგრები მაქსიმალურ სიგრძეს აღწევენ სხეულის უკანა ნაწილზე. შუბლის გამონაზარდი სუსტადაა განვითარებული, მისი გარეთა ლაპორტები წარმოდგენილია პატარა კონუსისებური ბორცვებით, რომლებიც მკვეთრად გამოიყოფიან შუალედი კონუსისაგან. შუბლის ამონაბურცის შუალედი ლაპორტები დაახლოებულია ერთმანეთთან; ისინი შეიზარდნენ მოკლე შუალედ კონუსად, რომლის სიგანე ფუძესთან დაახლოებით ორჯერ მეტია სიგრძეზე. შუბლის გამონაბურცის გარეთა ჯაგრები შეიგნებზე თითქმის ორჯერ გრძელია. პერიტრემების ჯაგანიერებული ნაწილი ბორცვისებური მოხაზულობისაა, მსხვილია, განიერ

ოვალურია. I მენჯის უკანა ჯაგარი და II მენჯის ჯაგარი არაა გამსხვილებული, გრძელი და შებუსუსებულია; მენჯების დანარჩენი ჯაგრები ჯაგარისებურია და შიშველი. I მენჯის უკანა ჯაგარი თითქმის სამჯერ მეტია წინაზე, I ფეხები სხეულზე მოკლეა, წვივის არეში არაა გაწვრილებული. I ბარძაყის დოზალურ მწკრივში ჯაგრების სიგრძე ვენტრალური მწკრივის ჯაგრების სიგრძეს ორჯერ არ აღემატება. I მუხლზე რვა ჯაგარია. ყველა ფეხის ამბულაკრები ბრჭყალისებურია, თანაბრად მოზნეილი. I ამბულაკრებს აქვს თითო წყვილი ჯირკვლოვანი ბეწვი. I ემპოდი ძელაკისებურია, I ამბულაკრზე ორჯერ მოკლეა, მრავლად აქვს ჯირკვლოვანი ბეწვები.

განაზომები მიკრონებით: სხეულის სიგრძე—505, სიგანე—360; ხელიცერების ბაზისია სიგრძე—105, სიგანე—80; I თათის სიგრძე—90, წვივის—90, მუხლის—65, მენჯის—96.

♂. სხეული დაკუთხულ-კვერცხისებურია. ზურგზე დანაოკება დედალთან შედარებით უფრო სუსტადაა გამოხატული. ზურგის ჯაგრები ჰოგრძო, ლანცეტისებურია. სხეულის სიგრძე—285 მიკრონი, სიგანე—145.

ტიპი ნაპოვნია ივლისსა და ოქტომბერში 1951 წ. სოფ. პირშავში (აფშერონის ნახევარკუნძული) ნუშზე (*Amygdalus communis*). აღწერილი სახეობა ძლიერ უახლოვდება *Bryobia rustavensis* Reck., 1953. მისგან განსხვავდება შუბლის ამონაბურცის აგებულებით, ზურგის დანაოკებით და სხვა მორფოლოგიური ნიშნებით.

#### *Tenuipalpus rodionovi* Chalilova, sp. n.

♀. სხეული მსხლისებური, უკან მომრგვალოდ შემწვეტებული. გვირგვინი ორი მიახლოებული გამართული გამწვეტებით, რომლებიც განატომიანაა ჩამოშვებული. გამონაბურცები I ტაბუხების ზევით პროპოდოსომის წინ, აგრეთვე გამონაბურცები IV ტაბუხების ზევით გისპეროსომაზე კარგადაა გამოხატული. სხეულის უკანა მხარეზე მდებარე ბაწრისებური ჯაგრები ნაზადაა შებუსუსებული, საკმაოდ გრძელებია. ზურგის დანარჩენი კიდითი ჯაგრები ფრთისებურია, საკმაოდ გრძელებია. ზურგის შუალედი ჯაგრები გისპეროსომაზე ძალიან მოკლელებია, ცილინდრული, ძნელად შესამჩნევი. ზურგზე მესამე მწკრივში 4 ჯაგარია. ვენტრალურად პროპოდოსომაზე, ტაბუხის ჯაგრებისა და წინა ფეხების ტაბუხებს შუა მდებარე ჯაგრების გარდა, მისი უკანა კიდის წინ მდებარეობს ორი მოკლე და ძლიერ წვრილი ჯაგარი. ვერტიკალურად გისპეროსომაზე, გარდა ტაბუხებისა და ანალური გენიტალური ჯაგრებისა, ოთხი გრძელი ჯაგარია, რომლებიც მდებარეობენ VI ტაბუხების გაოდიგარდმო მწკრივში. გიპოსტომი მოკლეა. საცეცის ბაზალური წილაკის სიგრძე მის სიგანეზე ნაკლებია. საცეცების შუა წილაკი ბორცვისებური მოხაზულობისაა, გამართული, ფუძესთან ოდნავ გაგანიერებული; მწვერვალზე აქვს ღრმა სარტყელი, რის გამო საცეცები ოთხნაწილაკებიანს ჰგვანან. წვეპელი I თათზე გურზისებურია, უფრო გრძელი და გამართული, ვიდრე *T. granati*-სა.

განაზომები მიკრონებით: სხეულის სიგრძე—250, უდიდესი სიგანე—150; პროპოლოსომის სიგრძე—118; ხელიცერების ბაზისის სიგრძე—46, სიგანე—32. ♂ არაა ნაპოვნი.

ტკიპი ნაპოვნი მხოლოდ ერთხელ 1951 წ. ივლისში კომშზე (*Cydonia oblonga*) სოფ. გოუსანში (აფშერონის ნახევარკუნძული).

ტკიპს დაერქვა აზერბაიჯანში აკალროგოიული გამოკვლევების ფუძემდებლის, სტალინური პრემიის ლაურეატის, განსვენებული ზ. რადიონოვის სახელი.

აღწერილი ტკიპი ჰაბიტუალურად ახლოსაა საქართველოდან ცნობილ *Tenuipalpus granati*; Sayed, *T. zhizhilashviliae* Reck და *T. kobachidzei* Reck-კარგად განსხვავდება მათგან ჯაგრების რაოდენობით მუცლის მხარეზე მეოთხე ტაბუხებს შუა და ზოგიერთი სხვა ნიშნით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ზოოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 30.3.1953)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Г. Багдасарян. К фауне паутиных клещей (сем. *Tetranychidae*) Еревана и его окрестностей. Изв. АН Арм. ССР, т. IV, № 4, 1951.
2. ჰ. რეკი. გვარი *Bryolia* Косн (*Tetranychidae*) საქართველოს მასალებიდან. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. VIII, № 9—10, 1947.
3. ჰ. რეკი. ტკიპები გვარებიდან *Tenuipalpus*, *Brevipalpus* და *Brevipalpoides* (*Trichadenidae*, *Acarina*) საქართველოს მასალების მიხედვით. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. X, 1951.
4. ჰ. რეკი. ტეტრანიხისებრი ტკიპების კლასიფიკაციის ზოგიერთი საფუძვლის შესახებ. საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. XIII, № 7, 1952.
5. ჰ. რეკი. ტეტრანიხისებრი ტკიპების ფაუნის შესწავლისათვის საქართველოში. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტ. შრომები, ტ. XI, 1953.

მაქსარამენტული მედიცინა

ბ. ოღნიშვილი და ც. აბაქელია

**კუჭის მოტორული ფუნქცია და ლეიკოციტოზი**

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ერისთავმა 15.7.1953)

ვსწავლობდით რა ნაწლავების ვრცელი რეზექციის გავლენას კუჭის პერიოდულ „მივირ“ მოქმედებაზე და მოტორულ ფუნქციაზე მისი მექანიორეცეპტორების გაღიზიანებისას, ნორმალური ფონის დადგენისას ერთდროულად შევისწავლეთ ლეიკოციტების რაოდენობრივი ცვლილებები კუჭის მოტორული ფუნქციისა და ლეიკოციტოზის ურთიერთკავშირის გამორკვევის მიზნით. ეს საკითხი ლიტერატურაში ნაკლებადაა გაშუქებული და ამდენად, ვფიქრობთ, არაა მოკლებული გარკვეულ ინტერესს.

გ. უდენცოვი ჯერ კიდევ 1923 წელს ეხებოდა რა აღნიშნულ საკითხს, წერდა, რომ „ლეიკოციტების მრუდი იმასთან დაკავშირებით უნდა მერყეობდეს, იმყოფება თუ არა კუჭი მომუშავე ან მოსვენებულ მდგომარეობაში“ [1]. თავის გამოკვლევებში მან აღნიშნა ლეიკოციტების რაოდენობის მატება კუჭის წვენის პერიოდულ გამოყოფისთანავე. მანვე შეამჩნია, რომ ლეიკოციტების ხარისხობრივი ცვლილებები ხდება ყველა სახის ლეიკოციტების ხარჯზე, ხოლო რაოდენობრივი ცვლილებები მეტად მოკლე ვადებში ხორციელდება. ა. სოკოლოვი აღნიშნავს, რომ „კუჭის შეკუმშვასთან ერთად იზრდება ლეიკოციტების რიცხვიც“, მაგრამ არ მიუთითებს რა ელემენტების ხარჯზე ხდება ეს ზრდა [1]. ი. პლავინსკიმ შეამჩნია, რომ საკვების მიცემიდან ან საკვებით გაღიზიანებიდან 15 წუთის შემდეგ აღვილი ჰქონდა ლეიკოციტების რიცხვის მერყეობას; კუჭში ამ დროს გამოიყოფოდა კუჭის წვენის ჩვეულებრივი რაოდენობა. მიღებული მრუდი ორ პერიოდად იყოფოდა: ლეიკოციტების რიცხვის საწყის მკვეთრ შემცირებას თან სდევდა ლეიკოციტების რიცხვის მატება, რაც კვების შედეგად მიღებული მრუდის მსგავსი იყო [2].

კუჭის მექანიკური გაღიზიანებით მიღებული ლეიკოციტების რაოდენობრივი, ნეირო-რეფლექსური ხასიათის მერყეობა მიღებული იყო ჩვენი ინსტის თანამშრომლების მიერაც (პროფ. ე. სემენსკაია, ე. კილურაძე და გ. ვზირიშვილი, 1952) [3,4].

ა. იაროშევსკი (1948), აღნიშნავს, რომ „კატეზში კუჭის მექანიკური გაღიზიანებიდან 8—10 წუთის შემდეგ იწყება კუჭის წვენის სეკრეცია“, მაგრამ მიზეზობრივი კავშირი კუჭის გაღიზიანებით მიღებულ ლეიკოციტოზსა და კუჭის სეკრეციას შორის ავტორის მიერ დადგენილი არ ყოფილა [5]. ეხება





რა ამავე საკითხს, დ. გოლდბერგი (1952) წერს: „თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ საკვებით ვალიზიანება იწვევს კუჭის წვენის გამოყოფის გაძლიერებას, შეგვიძლია დავუმატოთ, რომ კუჭის ფუნქციის ასეთ გაძლიერებას თან სდევს სისხლის ისეთივე ცვლილებები, რასაც ადგილი აქვს ადამიანის ნამდვილი კვების დროს, მიიღება ჰიპო- და ჰიპერლეიკოციტოზის იგივე სტადიები იმ განსხვავებით, რომ ისინი უფრო სუსტად არიან გამოხატული და უფრო სწრაფად მიმდინარეობენ“ [7].

ა. ვორონოვი და ი. რისკინი (1926), სწავლობდნენ რა კუჭის მუშაობასა და ჩვეულ ლეიკოციტოზს, იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ როგორც ჩვეული, ისე პირობითი ლეიკოციტოზისა და კუჭის სეკრეციის მექანიზმი ერთი და იგივეა, განსხვავება მათ გამოვლინებებს შორის სათანადო აპარატების სხვადასხვაგვარი ავზნებადობით აიხსნება. ამავე ავტორებმა აღნიშნეს, რომ კუჭში თავისუფალი მარილმჟავას არსებობა არ ახდენს გავლენას ლეიკოციტების რიცხვის მატებაზე და არ არის დამოკიდებული კუჭის პერიოდულ მოქმედებაზე [2]. უკანასკნელ ხანებში მთელი რიგი ავტორები (ი. რაზენკოვი 1941, ი. კურცინი 1952 და სხვ.) იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ კუჭის სეკრეციულ და მოტორულ ფუნქციებს შორის მჭიდრო კავშირია და რომ „როგორც კუჭის მოტორული ფუნქცია, ისევე მისი სეკრეცია ერთი საერთო მექანიზმით რეგულირდება“ (ი. კურცინი, 1952) [10]; ამავე დროს უნდა გვახსოვდეს, რომ ეს მოქმედი მექანიზმები, ი. რაზენკოვის (1946) აზრით, პირობადებულია არა მარტო ვალიზიანების ძალითა და ხასიათით, არამედ ისინი დამოკიდებული არიან ორგანოს ფუნქციურ მდგომარეობაზე, ხოლო ყოველი ორგანო თავის მხრივ ნერვული და ჰუმორული ფაქტორების მუდმივი გავლენის ქვეშაა [9].

### მ ე თ ო დ ი კ ა

დაკვირვებას ვატარებდით ძალღებზე, რომელთაც ვაკეთებულ იქონდათ პავლოვის კუჭი და ბასოვის ფისტულა. ძალს საცდელ დაზგაზე ვაყენებდით წინასწარ გასეირნების შემდეგ, უზმოზე, საკვების უკანასკნელი მიღებიდან 18—20 საათის გავლის შემდეგ. კუჭის „მშიერი“ პერიოდული მოქმედების შესწავლისას ვხმარობდით რეზინის პატარა ბალონს, რომელიც იტევდა 10—15 მლ წყალს, ხოლო კუჭის მექანორეცეპტორების შესწავლისას რეზინის ბალონს ვავსებდით 250—300 მლ ჰაერით რიჩარდსონის ბალონის საშუალებით. შემდეგ ჰაერის თანდათანობით, ნელა შეყვანის მიზნით ვიყენებდით ტურბელს, საიდანაც ჰაერი გამოიდევნებოდა მასში ჩასხმული წყლის წვრილი ნაკადით.

გასტროგრამის ჩაწერამდე პავლოვის კუჭიდან ვიღებდით ლორწოვანი მასის რამდენიმე წვეთს, იშვიათ შემთხვევაში კუჭის წვენს, რომელიც არ შეიცავდა თავისუფალ მარილმჟავას. დიდი კუჭის შიგთავსი წარმოადგენდა მოთეთრო ფერის ქაფიან ლორწოს, რომელიც შეიცავდა კუჭის წვენის მცირე რაოდენობას მჟავე, სუსტი მჟავე, ნეიტრალური ან ტუტე რეაქციისას. ბალონის შეყვანამდე ყველა შემთხვევაში კუჭს ვრეცხავდით თბილი წყლით, რის

შემდეგაც თანდათან შეგვყავდა ბალონი, რომელიც საწერ კალამთან იყო შეერთებული წყლის მანომეტრის საშუალებით. ცდის განმავლობაში, რომელიც გრძელდებოდა 2-3-4 საათს, ძაღლები წყნარად იდგნენ და ზოგჯერ იძინებდნენ კიდევ დაზგაზე.

სისხლს ვიღებდით ცხოველის ყურიდან ძაღლის დაზგაზე დაყენებისას, ე. ი. ბალონის შეყვანამდე; განმეორებით ვიღებდით სისხლს ბალონის გაბერვიდან 10-15 წუთის შემდეგ კუჭის „მშიერი“ პერიოდული მოქმედების შესწავლის დროს. სისხლს მესამედ ვიღებდით პერიოდული შეკუმშვების დაწყებისას. შეკუმშვები იწყებოდა სსვადასხვა ვადაში: ცდის დაწყებიდან 15-20-25, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში 30 წუთის შემდეგ. კუჭის პერიოდული მოქმედების დასაწყისად ვთვლიდით იმ მომენტს, როდესაც პატარა, ერთგვაროვანი გრაფიკული ჩანაწერის ფონზე ჩნდებოდა ერთეული მაღალი ტალღები საკმაოდ გრძელი, 1,5-2-2,5 წუთის ხანგრძლიობის მქონე პაუზებით. სისხლს მეოთხედ ვიღებდით კუჭის გაცხოველებული პერიოდული შეკუმშვების დროს, რაც გრაფიკულად გამოისახებოდა მაქსიმალურად მაღალი, ერთმანეთთან ახლოს მდგომი ტალღების სახით. ეს პერიოდი გრძელდებოდა 25-30, ზოგჯერ 40 წუთს. მეხუთედ სისხლს ვიღებდით კუჭის პერიოდული მოქმედების დასასრულს, მეექვსედ—პაუზის მდგომარეობაში და მეშვიდედ—ცდის დასრულების, ე. ი. ბალონის ამოღების შემდეგ.

კუჭის მექანორეცეპტორების გალიზიანებისას სისხლს ცდის განმავლობაში აგრეთვე 7-ჯერ ვიღებდით. პირველი და მეორე ალბა წარმოებდა იმავე პირობებში, როგორც კუჭის „მშიერი“ პერიოდული მოქმედების შესწავლისას. რაც შეეხება სისხლის მომდევნო ალბას, იგი წარმოებდა ცდის დასაწყისიდან 30-60-90-120 წუთის შემდეგ, ხოლო უკანასკნელი ალბა ხდებოდა ცდის დასრულებისა და ბალონის ამოღებიდან 10-15 წუთის შემდეგ.

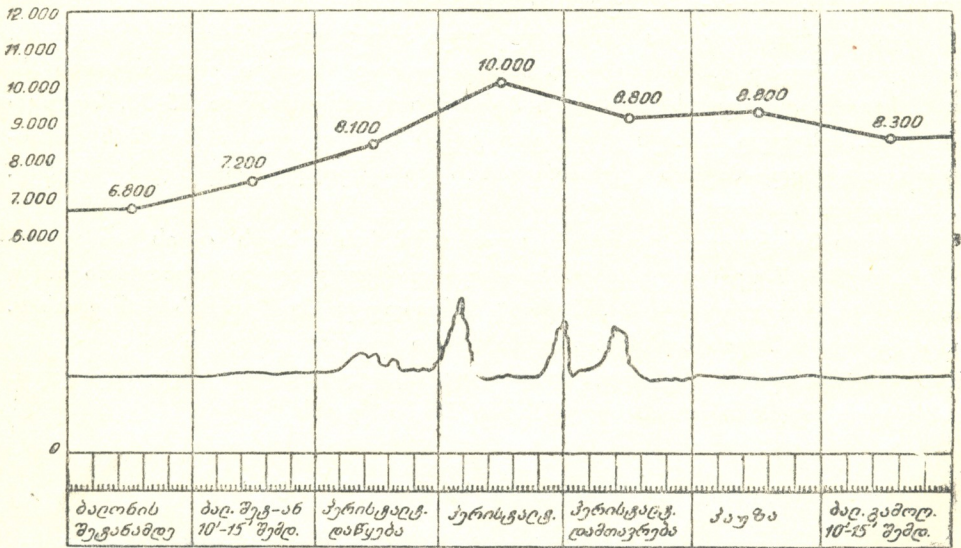
### ექსპერიმენტული დაკვირვება

დაკვირვება ტარდებოდა 4 ძაღლზე („მგელა“, „წაბლა“, „მურა“ და „გიშერა“), სულ ჩატარებულია 35 ცდა; აქედან კუჭის „მშიერი“ პერიოდული მოქმედება შესწავლილ იქნა 15-ჯერ, კუჭის მექანორეცეპტორების გალიზიანება 18-ჯერ და 2-ჯერ დაყენებული იყო საკონტროლო ცდა.

ლეიკოციტოზის შესწავლის პროცესში ძაღლების ერთ ნაწილში ჩვენ მიერ შემჩნეული იყო ლეიკოციტების რაოდენობრივი მერყეობა დღეების მიხედვით. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ძაღლების საერთო მდგომარეობა როგორც ჭრილობის, ისე სხეულის ტემპერატურისა და ქცევის მხრივ სრულიად დამაკმაყოფილებელი იყო. მაგ., ძაღლი „გიშერა“: 23/VIII—53 წ. ლეიკოციტების რაოდენობა უდრიდა 6.800-ს, 25/III—53 წ.—11.800-ს, ხოლო 28/III—53 წ.—9.700-ს. ლეიკოციტების რაოდენობის ასეთივე მერყეობა ჰქონდა „მურასაც“: 11/XII—52 წ. ლეიკოციტების რაოდენობა უდრიდა 12.800-ს, 13/XII—52 წ.—9.100-ს და ა. შ. „მგელასა“ და „წაბლას“ ლეიკოციტების რაოდენობა მაღალ მაჩვენებლებს იძლეოდა და არ განიცდიდა მერყეობას. ამ

მოვლენის ასახსნელად, ჩვენი აზრით, საკმარისია მოვიყვანოთ სიტყვები ნ. მოიხევეასი (1952), რომელიც აღნიშნავს, რომ „კუჭის რეცეპტორების გალიზიანებისას ქერქული დინამიკის ცვლილებების ხარისხი და ხასიათი დამოკიდებულია გალიზიანების ძალაზე, გალიზიანების ძალის ზრდასა და შემცირებაზე, თავის ტვინის ქერქის ფუნქციურ მდგომარეობაზე და ცხოველის ნერვული სისტემის ტიპზე“ [11].

კუჭის „მშიერი“ პერიოდული მოქმედების დროს ლეიკოციტოზის შესწავლამ დაგვანახვა, რომ ლეიკოციტები საკმაოდ დიდ ფარგლებში მერყეობენ იმისდა მიხედვით, თუ როდის არის აღებული სისხლი, კუჭის მოსვენების თუ გაცხოველებული პერიოდული შეკუმშვების სტადიაში. ასე, მაგ., „გიშერაზე“ ჩატარებულმა დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ ცდის დროს (25/III—53 წ.) ლეიკოციტური მრუდი 11.800-დან თანდათან ავიდა 12.000-მდე, კუჭის პერიოდული

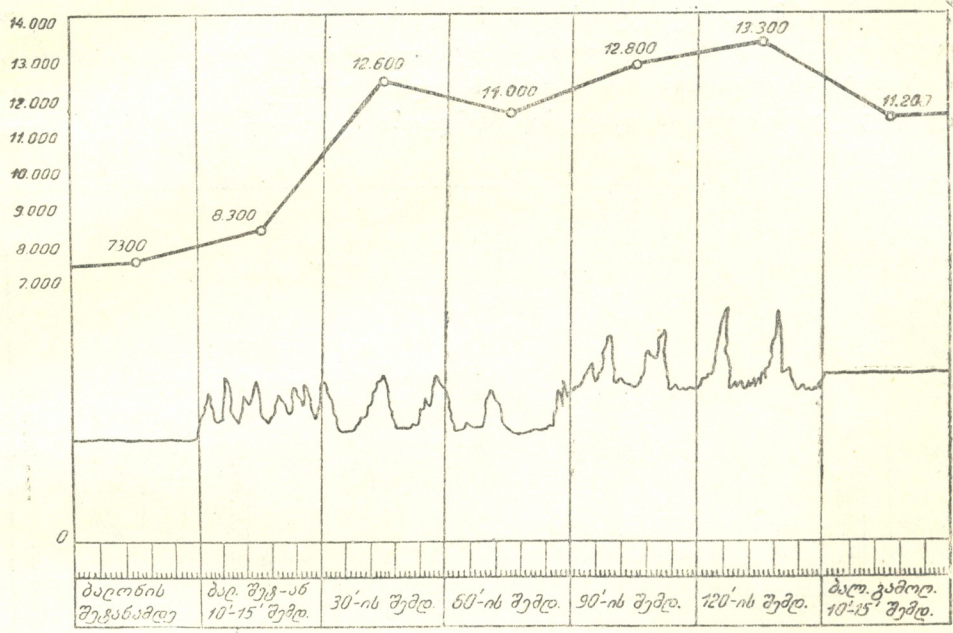


ნახ. 1. ლეიკოციტების მერყეობა კუჭის „მშიერი“ პერიოდის დროს

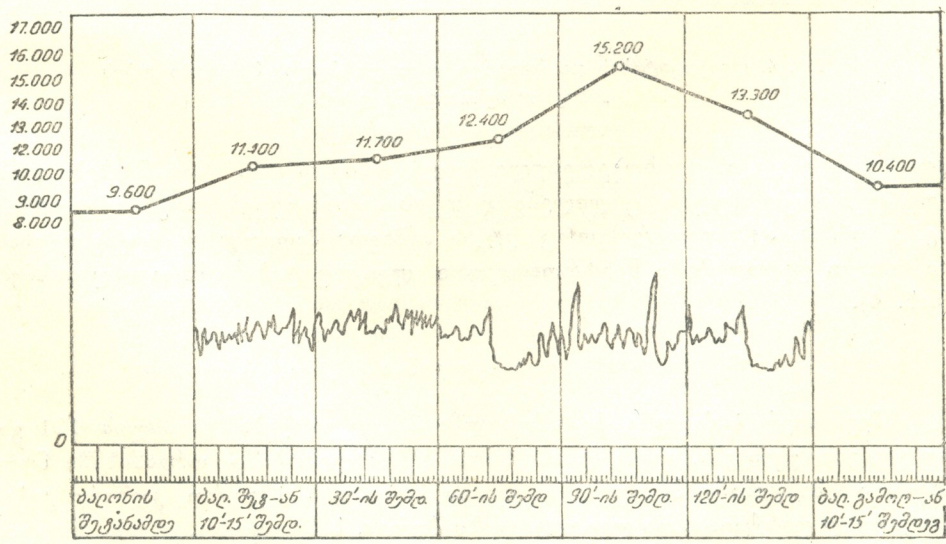
დული მოქმედების დასაწყისში მიაღწია 12.500-ს, გაცხოველებული პერიოდული მოქმედების სტადიაში—19.100-ს, ხოლო პაუზის დროს კვლავ დაეცა 12.000-მდე და ამავე დონეზე დარჩა ცდის დამთავრების შემდეგაც. „მურა“: 19/XII—52 წ. ჩატარებულ ცდაში ლეიკოციტების საწყისი რიცხვი უდრიდა 6.400-ს, რამაც გაცხოველებული პერისტალტიკის დროს მიაღწია 13.800-ს და ცდის დასასრულისათვის დაეცა 8.000—7.800-მდე. „მგელა“: 25/XI—52 წ. ჩატარებულ ცდაში ლეიკოციტების რიცხვი იყო 12.800, კუჭის გაცხოველებული შეკუმშვების პერიოდში—16.800 და ცდის დასასრულს—13.400.

რაც შეეხება ლეიკოციტების მერყეობას კუჭის მექანორეცეპტორების გალიზიანებისას, აქ ლეიკოციტოზის ყველაზე მაღალი რიცხვები აღინიშნება ცდის პირველ და მეორე საათებს შორის. ამ პერიოდში კუჭის გრაფიკული

ჩანაწერიც შემთხვევათა უმრავლესობაში კუჭის მოტორიკის უმაღლეს აქტიობაზე მივივითიბებს. მაგ. „მგელამ“ 27/XI—52 წ. მოგვცა ლეიკოციტების რაოდენობის შემდეგი მერყეობა: 14.200—13.400—13.200—17.200 და ა. შ.



ნახ. 2. ლეიკოციტების მერყეობა კუჭის მექანორეცებტორების გაღიზიანების დროს

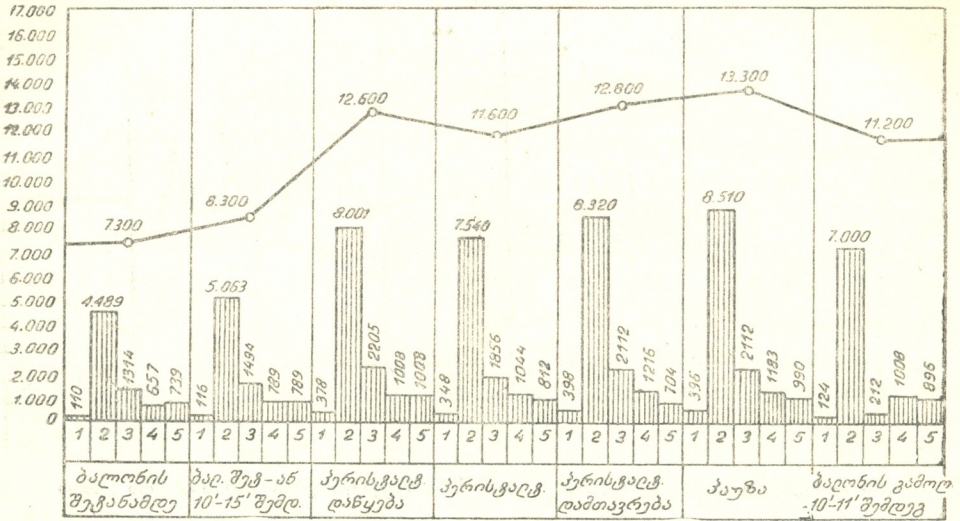


ნახ. 3. ლეიკოციტების მერყეობა კუჭის მექანორეცებტორების გაღიზიანების დროს



„გიშერამ“ კი 31/III—52 წ. შემდეგი: 10.000—9.000—12.300—16.000—20.000—17.000—11.500. იმავე „გიშერამ“—1/IV—53 წ. ლეიკოციტების შემდეგი მერყეობა მოგვცა: 12.200—10.600—12.000—13.400—18.000—12.300—12.000.

შემოთ მოყვანილი ცდებიდან ჩანს, რომ შემთხვევათა ერთ ნაწილში ცდის დაწყებიდან 10—15 წუთის შემდეგ აღვილი აქვს ლეიკოციტების რიცხვის მატებას, შემთხვევათა მეორე ნაწილში კი იმავე პერიოდში ვხედავთ ლეიკოციტების რიცხვის დაკლებას შემდგომი მკვეთრად გამოხატული ლეი-



ნახ. 4. ლეიკოციტების და ლეიკოციტური ფორმულის მერყეობა კუჭის „მშიერი“ პერიოდის დროს

კოციტოზით კუჭის გაცხოველებული შეკუმშვების დროს. რაც შეეხება ლეიკოციტური ფორმულის ცვლილებებს კუჭის შექანორეცებტორების გაღიზიანების დროს, აქ ისევე, როგორც კუჭის „მშიერი“ პერიოდულ მოქმედებისას, ძირითადი ცვლილებები ნეიტროფილური ლეიკოციტების მხრივ აღინიშნება (ნახ. 4).

დ ა ს კ ე ნ ა

ჩვენ მიერ 4 ძალზე ჩატარებულმა 35 დაკვირვებამ სისხლის 121 გამოკვლევით გვიჩვენა, რომ შემთხვევათა უმრავლესობაში ორგანიზმში ნორმალურად მიმდინარე პროცესების დროს არსებობს მჭიდრო კავშირი კუჭის მორტორულ ფუნქციასა და ლეიკოციტოზს შორის. სახელდობრ, კუჭის „მშიერი“ პერიოდული შეკუმშვებისას აღვილი აქვს გამოხატულ ლეიკოციტოზს, განსაკუთრებით კუჭის პერიოდული შეკუმშვების მაქსიმალური გაცხოველების სტა-

დიაში, ლეიკოციტების რიცხვის შემდგომი შემცირებით კუჭის სიმშვიდის სტადიაში. დაახლოებით ასეთსავე ცვლილებებს განიცდიან ლეიკოციტები კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანების დროსაც; აქაც ლეიკოციტების რიცხვის მატება აღინიშნება კუჭის მაქსიმალური შეკუმშვების სტადიაში. როგორც კუჭის „მშვიერი“ პერიოდული მოქმედების შესწავლისას, ისე მექანორეცეპტორების გაღიზიანებისას ადგილი აქვს ნეიტროფილურ ლეიკოციტოზს ლეიკოციტური ფორმულის ამა თუ იმ ხარისხით გამოხატული მარცხნივ ძვრით და ზოგიერთ შემთხვევებში შედარებით ნაკლებად გამოხატული ლიმფოციტოზით.

ლეიკოციტოზის მექანიზმის ახსნა არ შეიძლება მხოლოდ სისხლის გადაწმინდებით, დეპო ორგანოებიდან და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან მათი გამოწურვით. მიღებული მონაცემები წარმოადგენს თავის ტენის ქერქის მაქსიმალური მოქმედების შედეგს, რომელიც ერთდროულად სხვადასხვა ხარისხში გამოიხატება როგორც ლეიკოციტოზში, ისე კუჭის სეკრეციულ და მოტორულ უნარიანობაში. ცნობილია, რომ „კორტიკალური იმპულსების ზეგავლენით ყოველ ორგანოს შეუძლია შედარებითი სიმშვიდის მდგომარეობიდან გადავიდეს მოქმედების მდგომარეობაში“ (ი. კურცინი). სხვაობა ამ რეაქციის გამობატულებაში დამოკიდებულია სათანადო აპარატების სხვადასხვაგვარ აღზნებადობაზე [10].

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები ამტკიცებს ლეიკოციტოზისა და კუჭის მოტორული ფუნქციის ურთიერთკავშირის რეალურად არსებობას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა და  
 ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 29.7.1953)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Н. Уденцов. Периодическая деятельность пищеварительного аппарата вне пищеварения и отвечающей колебаниям белых шариков крови. Врач. дело, 21—23, 1923, стр. 590—595.
2. Я. В. Плавинский. К вопросу о пищеварительном лейкоцитозе. Томск, 1913.
3. Е. М. Семеновская. Роль желудочно-кишечного тракта в регуляции кроветворения. Сборник трудов инст. эксп. хирургии и гематологии, АН ГССР, т. 4, 1953.
4. Е. Ш. Кигურадзе и Г. А. Гзиришвили. Влияние раздражения механорецепторов желудка на картину крови. 1953.
5. А. Я. Ярошевский. Интерорецепторы костного мозга. Бюллетень эксп. биол. и мед. т. XXVI, вып. 4, № 10, 1948, стр. 297—302.
6. А. Я. Ярошевский. Роль интерорецептивных влияний в регуляции количества и состава лейкоцитов. Физ. жур. т. XXXVII, № 2, 1952, стр. 175—180.
7. Д. И. Гольдберг. Нервная регуляция кроветворения. Томск, 1952.

8. И. Рискин и А. Воронов. Работа желудка и привычный лейкоцитоз. Рус. физ. жур., т. XXVII, в. 3-4, 1926, стр. 343-350.
9. И. П. Разенков. О роли пищеварения самих органов пищеварения. Клин. мед., т. XXIX, № 6, 1945, стр. 9-16.
10. И. Т. Курцин. Механорецепторы желудка и работа пищеварительного аппарата. М., 1952.
11. Н. А. Моисеева. Влияние смеха на рецепторы желудка на высшую нервную деятельность. Труд. Ин-та им. Павлова, т. I, 1952, стр. 93-102.

არქეოლოგია

## ნ. კილაძე

## მრავალფენიანი არქეოლოგიური ძეგლი „საგვარჯილე“

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ნ. ბერძენიშვილმა 1.8.1953)

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ივ. ჯავახიშვილის სახელობის ისტორიის ინსტიტუტის არქეოლოგიურმა ექსპედიციამ 1951 წელს თერჯოლის რაიონის სოფ. ძვერში, მისკან ჩრდილო აღმოსავლეთის მიმართულეობით 0,5 კმ-ის მანძილზე, მდ. ძვერულისა და შავიწყლის ხეობაში მდებარე გამოქვაბულ „საგვარჯილეში“, ქვის ხანის მეტად საყურადღებო ნაშთები აღმოაჩინა და 1952 წელს იქვე ოთხი სხვადასხვა ეპოქის რამდენიმე კულტურული ფენა გათხარა<sup>1</sup>.

„საგვარჯილეში“ არქეოლოგიური ნაშთების არსებობა პირველად პროფ. ნ. ბერძენიშვილმა გვაცნობა. 1932 წელს ნ. ბერძენიშვილს, ს. ჯანაშიასა და ს. ყაუხჩიშვილს ისტორიული ძეგლების შესწავლის მიზნით თერჯოლის (მაშინ ჩხარის) რაიონში მოგზაურობის დროს საგვარჯილეც დაუთვალიერებიათ, სადაც მათ კაჟის იარაღები და ადამიანის ძვლები უნახავთ. 1952 წელს ძვერულის ხეობაში ფართოდ გაშლილმა მშენებლობამ აუცილებელი გახადა ძველის დროულად გათხრა. ხეობაში სამანქანო გზის გაყვანა გამოქვაბულში შემონახულ არქეოლოგიურ ძეგლებს განადგურებას ემუქრებოდა. ამის გამო ინსტიტუტმა 1952 წლის დასაწყისშივე მიავლინა არქეოლოგიური ექსპედიცია სოფ. ძვერში. კულტურულ ფენათა სიმრავლემ ექსპედიციის მუშაობა თანდათანობით გააფართოვა და 11 თვის განმავლობაში გამოქვაბულის მხოლოდ ერთ ნაწილში გახდა შესაძლებელი კულტურულ ფენათა სრული რაოდენობით გამოვლენა.

ძვერულისა და შავიწყლის სამხრეთ ჩაკეტილ კარსტულ ხეობას დასავლეთით ეკვრის სეფარეთის მთა, აღმოსავლეთით კვანჭურის მთა და ჩრდილოეთით ე. წ. აფი(ახებული. ხეობის შიგნით ვერტიკალურად დაშვებულ ზედა ცარცის კარქების კლდეში თითქმის ხელოვნურ იარუსებადაა განლაგებული მრავალი გამოქვაბული და კლდოვანი ფარდული<sup>2</sup>. დროთა განმავლობაში, გა-

<sup>1</sup> ძვერის არქეოლოგიურ ექსპედიციაში მონაწილეობდნენ: მეცნიერი თანამშრომლები: გ. ცვიციშვილი, ქ. ბერძენიშვილი, გ. ჯამბურია, ე. ბარაბაძე; ინჟინერ-გეოლოგი ი. გველიშვილი; პალეონტოლოგი ლ. გაბუნია; არქიტექტორი თ. თოდუა; ასპირანტი დ. თუშაბრამიშვილი; მხატვრები: კლ. კვეცი და ო. სულავა; ფოტოგრაფები: ე. კვეცი და ს. სულავა; კერამიკოს-რესტავრატორები: პ. ივანოვი და გ. რუსეიშვილი.

<sup>2</sup> ძვერულისა და შავიწყლის ხეობის გეოლოგიური აგებულება შესწავლილი აქვს პროფ. ა. ჯანელიძეს [4].



შიშვლებული კლდის ქანების დაშლის გამო, ზოგი მათგანი ჩამონგრეულა და გამოქვაბულის ფორმა სრულიად დაუკარგავს. დაშლილ გამოქვაბულთა კონტურები შერჩენილია კლდეში.

ხეობის მარცხენა ნაპირზე კვანხურის მთის თითქმის შუა წელში წარმოქმნილი კარსტული გამოქვაბულებიდან ვადაჩენილია მხოლოდ ერთი, რომლისათვისაც ადგილობრივ მოსახლეობას „საგვარჯილე“ შეურქმევია<sup>1</sup>.

მდინარეთა კალაპოტიდან 8 მეტრის სიმაღლეზე ალუვიური ნალექებით წარმოქმნილი ტერასა იწყება, რომელიც საგვარჯილის მიმართულებით კვანხურის მთის კალთას ებჯინება. ტერასის სიგანე ამ ნაწილში 40 მეტრამდე აღწევს, რის შემდეგაც გამოქვაბულის გასწვრივ 32 მეტრის სიგრძისა და 16° დაქანების თანდათანობით შემალეებული ფერდობი მიუყვება.

გამოქვაბულის სიგანე შესავალთან 37 მეტრს უდრის, უდიდესი სიგრძე 13 მეტრამდე აღწევს, ხოლო სიმაღლე, თვით გამოქვაბულის ბუნებრივი მოხაზულობის გამო, მერყევია: მისი ჩრდილო-აღმოსავლეთი ნაწილი კლდეში ღრმადაა შეჭრილი, აქ ჭერის სიმაღლე 22 მეტრს უდრის, სამხრეთით კი გამოქვაბული თანდათანობით ვიწროვდება და შემდეგ მისი ჭერი მახვილი კუთხით უერთდება იატაკს.

ტერასა ზღვის დონიდან 211 მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობს. გამოქვაბულის იატაკის მაქსიმალური სიმაღლე ზღვის დონიდან 222<sup>50</sup> მეტრია. სხვაობა ამ ორ სიმაღლეს შორის და მდინარისეული ფლატის სიღრმე არკვევს, რომ საგვარჯილე მდინარის ახლანდელი კალაპოტიდან 18,5 მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობს.

გამოქვაბულის სამ დიდ უბანზე—I თხრილი—გამოქვაბულის ცენტრალური ფართობი, II თხრილი—გამოქვაბულის ჩრდილო ფართობი და III თხრილი—გამოქვაბულის სამხრეთ ფართობი (იხ. სურ. 1)—გამოვლენილია ნივთიერი კულტურის ნაშთების შემცველი შემდეგი ფენები:

I ძველი ქვის ხანის ხუთი კულტურული ფენა

II ახალი ქვის ხანის კულტურული ფენა

III ლითონის ხანის დასაწყისის—ენეოლითის ფენა<sup>1</sup>

IV სამარხეული ფენა.

კულტურულ ფენათა სტრატოგრაფია, ნაშთების შედგენილობით, გამოქვაბულის სამივე თხრილში თითქმის ერთნაირი იყო, ხოლო იმავე ნაშთების ჰორიზონტალური დაფენება, თვით გამოქვაბულის ბუნებრივი მოხაზულობის გამო, მეტად ცვალებადი აღმოჩნდა. ამ გარემოებითაა გამოწვეული I-სა და განსაკუთრებით II თხრილში ქვის ხანის მრავალი ნაშთის შემონახვა, ხოლო

<sup>1</sup> ძველები ძველად გამოქვაბულის შავ ფენას (ჰუმუსური) გვარჯილის დასამზადებლად იყენებდნენ. გვარჯილის დამზადებას უკავშირდება აგრეთვე ჭიათურის რაიონში ცნობილი ძველი ქვის ხანის გამოქვაბული, რომელსაც ადგილობრივ „გვარჯილას კლდეს“ უწოდებენ.

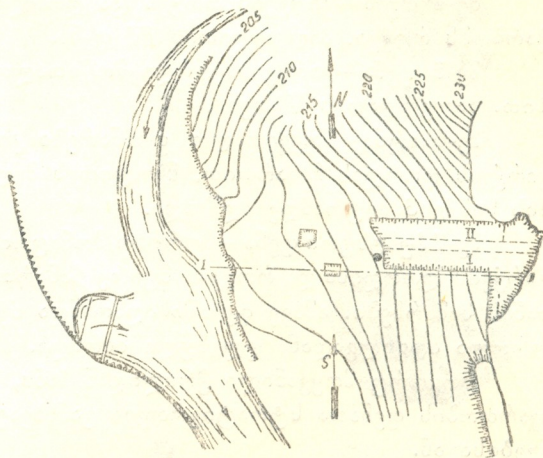
<sup>2</sup> ტრილში ეს ფენა არ გამოიხატა, ვინაიდან მორფოლოგიურად იგი არაფრით განსხვავდებოდა ნეოლითის ფენისაგან. მხოლოდ თხრის დროს გაირკვა, რომ ნეოლითის ფენის ზედა ჰორიზონტებში აღმოჩენილი ნაშთები ენეოლითს მიეკუთვნება.

გამოქვაბულის ვიწრო და ღია სამხრეთ ნაწილში, ე. ი. III თხრილში, შედარებით ღარიბი კულტურული ფენების არსებობა (სურ. 5).

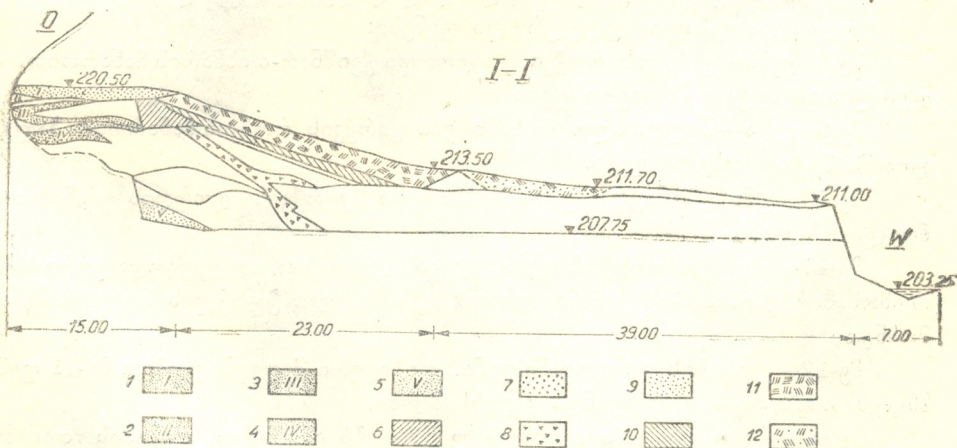
ფენათა სტრატეგრაფიის გასარკვევად ამ მოყვანილ I თხრილის სამხრეთ კედლის ქრილში ჩვენ მხოლოდ ის ფენები გვაქვს შეტანილი, რომლებმაც ამა თუ იმ ეპოქის ნივთიერი კულტურის ნაშთი შემოვინახეს.

გამოქვაბულის შიგნითა ჰორიზონტალური ფართობის (იატაკის) სამივე თხრილში ძველი ქვის ხანის ხუთი კულტურული ფენათი თქმის უძრავ მდგომარეობაში შემონახული აღმოჩნდა<sup>1</sup>.

I ფენა—კირქვის როკი ყვითელი თიხამიწების ჩანართით, რომელიც გამოქვაბულის მხოლოდ აღმოსავლეთ ნაწილში იყო კარგად შემონახული (სურ. 2). პალეოლითის I ფენა.



სურ. 1. გამოქვაბულისა და მისი მიდამოების გეგმა



სურ. 2. გამოქვაბულისა და ტერასის ქრილი

მე-2 ფენა—ფიზიკური შედგენილობით პირველი ფენისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდებოდა, რომ როკთან ერთად შერეული იყო კირქვის ლორღი. პალეოლითის II ფენა.

<sup>1</sup> გამოქვაბულის წინა ფართობზე დაშლილი იყო პალეოლითის მხოლოდ I ფენის ნაწილი.

მე-3 ფენა—კირქვის როჰკი და ლორღი ქვიშნარ-თიხნარებითურთ. ბრექ-ჩიები. პალეოლითის III ფენა.

მე-4 ფენა—კირქვის როჰკი და ლორღი იმავე ქვიშნარ-თიხნარებითურთ, კარბობს როჰკი. პალეოლითის IV ფენა.

მე-5 ფენა—კირქვის ლორღი მოწითალო და არაერთგვაროვანი თიხნარებით. პალეოლითის V ფენა.

მე-6 ფენა—მოყვითალო თიხნარები კირქვის როჰკით და ადგილ-ადგილ კირქვის ლორღის ჩანართით, ნეოლითის მძლავრი ფენა. ზოგ ადგილას ამ ფენის სისქე 3 მეტრამდე აღწევდა.

მე-7 ჰუმუსური ფენა—მორუხო-მონაცრისფრო ქვიშნარი არაერთგვაროვანი კირქვის ლორღისა და როჰკის მცირე ჩანართით. ადრე- და გვიანფეოდალური ხანის სამარხები. ამავე ფენაში აღმოჩნდა ძველი და ახალი ქვის ხანის თითო-ოროლა ადგილგადანაცვლებული იარაღი.

როგორც მოყვანილი ჭრილიდან ჩანს, გამოქვაბულის ჰორიზონტალური ფართობის ფენათა სტრატეგრაფია განსხვავდება ფერდობის ფენათა შენაცვლებისაგან.

ფერდობზე კლდის ქანის დაშლის შედეგად დაფენილი კირქვის ლორღის ფენებთან ერთად გამოვლინდა ძველი და ახალი ქვის ხანის მეტად მძლავრი კულტურული ფენები. ეს ფენები უკვე უკავშირდება გამოქვაბულში ერთ ღროს მკვიდრ მდგომარეობაში მყოფ იმ კულტურულ ფენებს, რომლებიც მოგვიანო პერიოდებში ნაწილობრივ ადამიანის ჩარევით და ნაწილობრივ კინიადგერებისაგან გადმორეცხვით ხელახლად დაღეჟილა ფერდობზე.

კვლავ დაღეჟილი კულტურული ფენები:

მე-8 ფენა—კირქვის როჰკი და ლორღი ქვიშნარ-თიხნარის ჩანართით. პალეოლითის მეტად მძლავრი ფენა.

მე-9 ფენა—მოყვითალო თიხამიწები კირქვის როჰკის ჩანართით. პალეოლითის მეტად თხელი ფენა.

მე-10 ფენა—მონაცრისფრო თიხნარები კირქვის ლორღის ჩანართით, ნეოლითის ფენა.

მე-11—მოშავო თიხების ფენა კირქვის ლორღით. ადრეფეოდალური ხანის ორმოსამარხები. აქა-იქ გვიანი ღროის კერამიკული ჭურჭლის ნატეხებიც აღმოჩნდა.

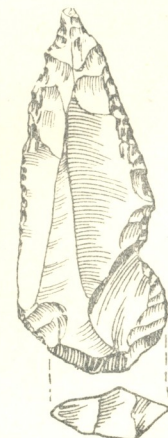
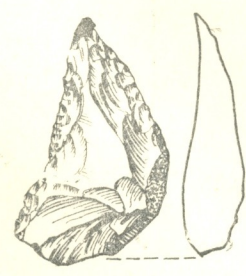
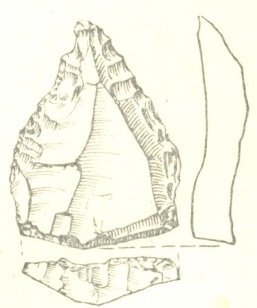
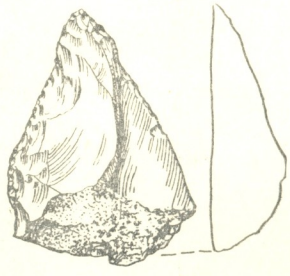
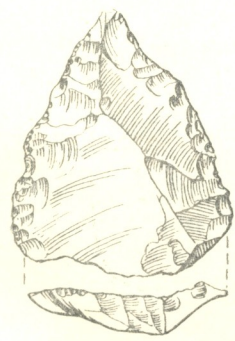
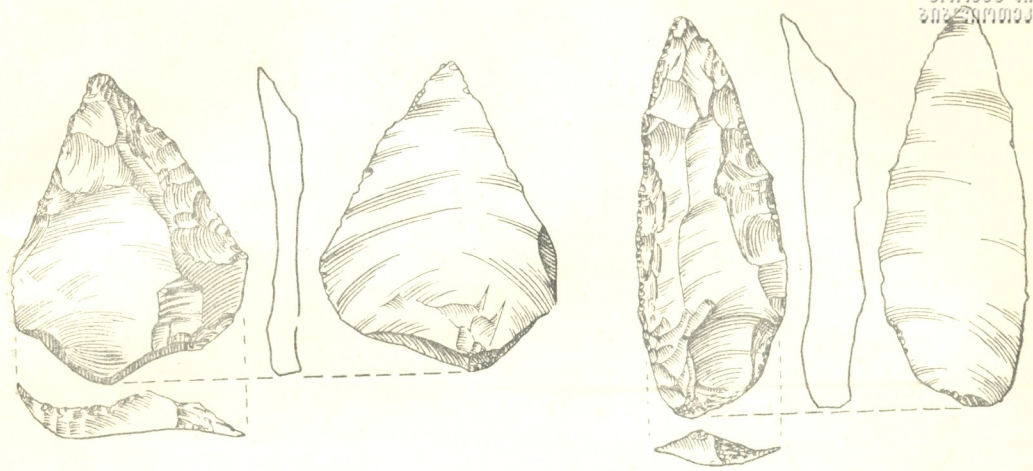
მე-12—ტერასის კორდოვანი ფენა. ფიზიკური შედგენილობით მე-11 ფენის მსგავსია. ამ ფენაში აღმოჩნდა ქვევრსამარხი.

კულტურულ ფენებში აღმოჩენილ ნაშთებს ალგწერთ ფენების თანამიმდევრობით, ზემოდან ქვემოთ:

მე-7, მე-11 და მე-12 ფენებში აღმოჩენილი სამარხები როგორც დამარხვის წესით, აგრეთვე მიცვალებულთა თანხლები ინვენტარის მიხედვით, სხვადასხვა ეპოქას მიეკუთვნება: კიდურებმოლუნული და გვერდზე დასვენებული მიცვალებულები, რომელთაც ჩატანებული ჰქონდათ ბრინჯაოსა და ვერცხლის სამკაულები, პასტისა და მინის მძივები, რკინის იარაღი და თიხის ჭურჭელი, ახ. წ. III—V საუკუნეებისაა. კიდურებგაჭიმული და ზურგზე და-



სურ. 3



სურ. 4

სენეზული მიცვალებულები, რომელთაც მეტად მცირე ინვენტარი აღმოაჩნდათ, გვიანფეოდალური ხანისაა<sup>1</sup>.

გამოქვამულის მხოლოდ შიგნითა ფართობზე ასამდე მიცვალებულის გამოვლენამ ცხადი გახადა, რომ მათთვის საფლავების გაჭრისას მთლიანად დაუშლიათ და აუყრიათ ზედა კულტურული ფენები, რითაც არის გამოწვეული მძავე ფენებში ძველი და ახალი ქვის ხანის ნაშთების აღმოჩენის რამდენიმე შემთხვევა.

წინამდებარე წერილში სამარხეული ფენის ქვედა მომდევნო კულტურულ ფენებში მრავლად ამოღებული ახალი ქვის ხანის მასალის მთლიანად განხილვა შეუძლებელი ხდება. აღნიშნავთ ქვის იარაღებისა და სხვა ინვენტარის მხოლოდ იმ კომპლექსებს, რომლებშიც ცხადად მოჩანს ახალი ქვის ხანის შეურნეობის შემდეგი ფორმები:

ა) შინახელსნობა—რიყის ქვის ცულები, საჭრეთლები, სატეხები და სათლელები (ხის დასამუშავებელი იარაღები); ძვლის მახათები და ნემსები, თიხისა და ქვის კვირისტავეები; თიხის ჭურჭლის ნატეხები და სხვა (სურ. 3-ა).

ბ) მონადირეობა—კაჟის ისრისპირები და აგრეთვე კაჟისგან გაკეთებული შუბისპირები (სურ. 3-ბ).

გ) მეთევზეობა—მეტად ფაქიზი ნახელაობის ძვლის ანკესი, ქვის საწაფები და ძვლის ქვილთი (სურ. 3-დ).

დ) მიწათმოქმედება—ცხოველის რქისაგან გაკეთებული ყუაგახვრეტილი და წვერწაბრტყელებული თოხისნაირი წალკატები, ნამგლისპირის ჩასართები, კაჟის იარაღები და სხვადასხვა ზომის ხელსაწყოები.

აღნიშნული მასალიდან განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებენ რქის იარაღები, რომელთა ფორმები უნდა მოწმობდეს მათ გამოყენებას მიწათმოქმედებაში (სურ. 3-ე). საგვარჯილის ნეოლითელი ადამიანი რომელ მცენარეულ კულტურას ფლობდა, ზედმიწევნით ვერაფერს ვიტყვით, ვინაიდან საამისო ფაქტობრივი მასალა ადგილობრივ არ აღმოგვიჩენია, მხოლოდ აღნიშნავთ, რომ ნეოლითელ ადამიანს ასეთი არქაული რქის თოხით, შესაძლებელია, სწორედ ის ფეტვისნაირი მცენარე მოყავდა, რომლის არსებობა ჩვენში უძველესი დროიდან დღეს უკვე სხვადასხვა მონაცემებით დგინდება.

აკად. ივ. ჯავახიშვილი ქართველი ტომების მეურნეობის უძველეს მონაპოვრად ფეტვისა თვლის [10]. ფეტვის მარცვლეულის კულტურის არქაულობას ადასტურებს არქეოლოგ ნ. ხოშტარის მიერ დასავლეთ საქართველოში „დიხა-გუძუბას“ ბორცვზე ნეოლითის ზედა ფენებში ფეტვის მარცვლის აღმოჩენა [11]. ეთნოგრაფიული მონაცემიდან ჩანს, რომ საქართველოს მთის შოსახლეობაში ფეტვის კულტურას დიდხანს შემოუნახავს თავი. ეთნოგრაფ ვ. ბარდაველიძეს ზემო სვანეთში მოპოვებული ფეტვის თავთავის გამომზატეელი რიტუალური კვერი საფუძველს აძლევს, რომ ფეტვის კულტურა საქართველოში არქაული დროიდან მომდინარედ ჩათვალოს [2].

(<sup>1</sup> სამარხეულ ფენებში მოპოვებულ მასალას ამუშავებენ ძვერის ექსპედიციის მონაწილენი—გ. ცქიტიშვილი და ქ. ბერძენიშვილი.



ფეტვის თოხის კულტურის ხანას მიაკუთვნებენ, ე. ი. იმ ხანას, როდესაც ფეტვის საყანე მიწის დასამუშავებლად მხოლოდ თოხია გამოყენებული. მიწის ზედაპირული მოჩიჩქნითაც კი ფეტვი კარგ მოსავალს იძლევა [8]. ამგვარ მიწის საჩიჩქნ იარაღს წარმოადგენს საგვარჯილის რქის თოხისნაირი წალკატები.

ახალი ქვის ხანის ზედა ჰორიზონტებში ენეოლითური ხანის კერამიკული ნაწარმი და ქვის იარაღები დადგინდა.

საგვარჯილეში მოპოვებული მასალიდან, როგორც რიცხობრივად, აგრეთვე თავიანთი არქაულობით, გამოიყოფა კაჟისა და ცხოველთა ძვლის ის მდიდარი კომპლექსები, რომლებიც ძველი ქვის ხანის ზედა ოთხმა კულტურულმა ფენამ მოგვცა (I—IV). აღმოჩენილია კაჟისა და ოხსიდიანის მრავალი იარაღი და ანამტერეე-ანატკეცები, კაჟის კონკრეციები და ნუკლეუსები, სხვადასხვა ზომის მოგრძო ლამელები და სხვა ისეთი მასალა, რომელიც უდავოდ მოწმობს აღნიშნული იარაღების ადგილობრივ წარმოებას. პალეოლითის ფენებში კაჟის მასალასთან ერთად გამოვლენილია ძვლის იარაღები, მინერალური საღებავები და მეოთხეულის ცხოველთა მრავალი ძვალი. ყოველ ფენასთან ახლდა კერა. ცეცხლის ხანგრძლივი მოქმედებით ზოგ ადგილას ფენის თიხამიწები წითლადაც კი იყო გამომწვარი.

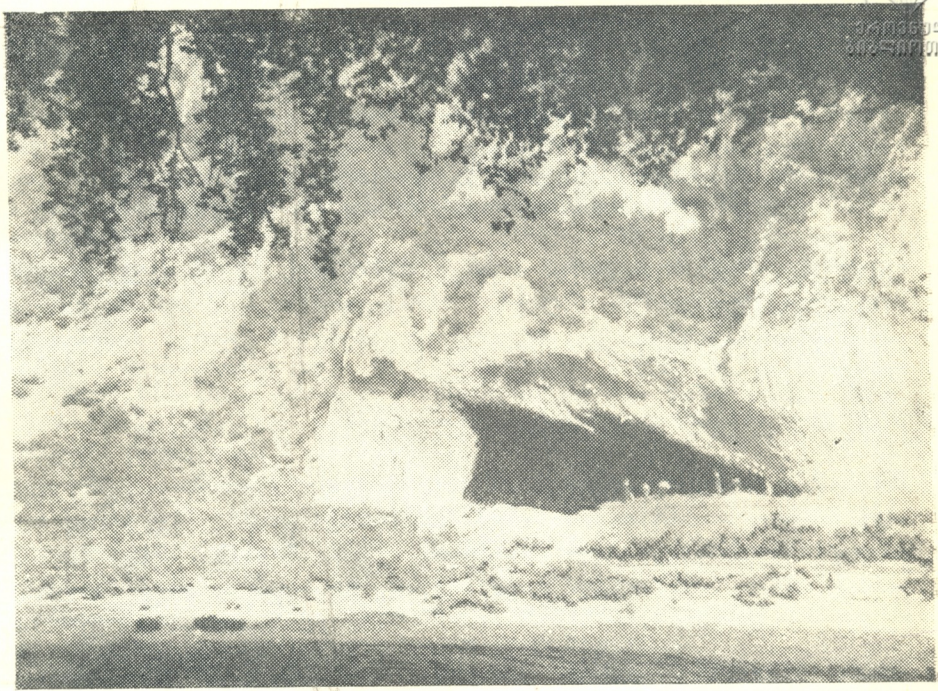
პალეოლითის ფენები ერთიმეორისაგან გამიჯნული აღმოჩნდა თიხამიწების დორღისა და როჭკის სტერილური (უნაშთები) ფენებით.

ძველი ქვის ხანის აღნიშნული ოთხი კულტურული ფენის ნაშთები ზედა პალეოლითს მიეკუთვნება<sup>1</sup>.

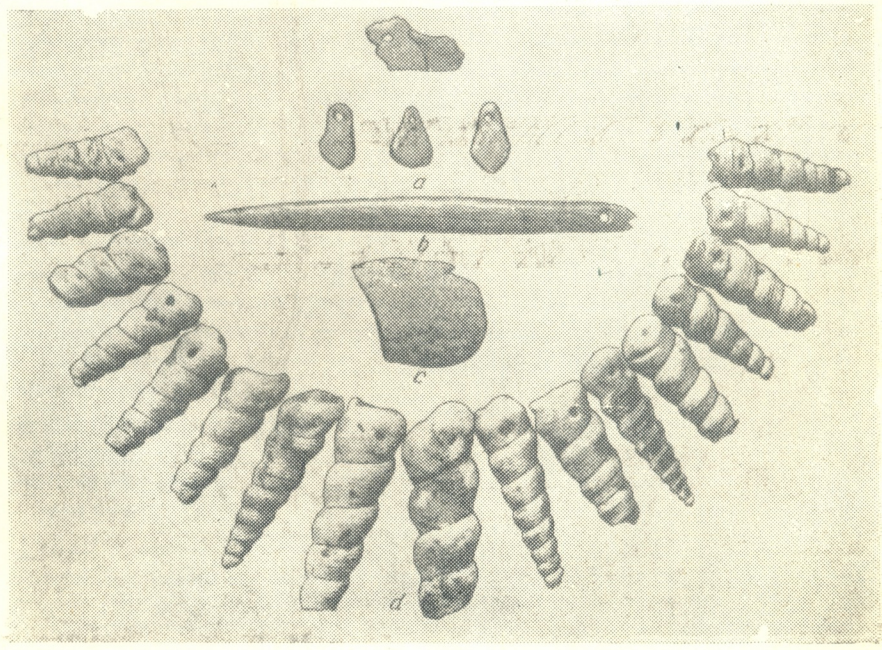
საგვარჯილის კულტურულ ფენათა სტრატეგრაფიაში მეტად თავისებურად გამოიყურება 13 მეტრის სიღრმეში გამოვლენილი პალეოლითის მუხუთე ფენა, რომელიც ზედა კულტურული ფენებიდან 6 მეტრის სისქე სტერილური შრეებით იყო დაცვილებული. კულტურულ ფენათა ასეთი სტრატეგრაფია მათ შორის ხანგრძლივი დროის გავლაზე უნდა მიგვიითებდეს, ე. ი. ქვედა ფენის წარმოქმნის შემდეგ, სანამ ზედა პალეოლითელი ადამიანი საგვარჯილეში შესახლდებოდა, საკმაოდ დიდ დროს უნდა გაეგლო. ამასვე მოწმობს ქვედა, უკანასკნელი ფენის კაჟის ინვენტარში შემჩნეული დამუშავების ტექნიკის არქაულობა, რომელიც განასხვავებს მას ზედა პალეოლითის კულტურულ ფენათა ნაშთებისაგან.

უნდა აღინიშნოს, რომ V ფენის კაჟის ინვენტარი ზედა პალეოლითის მსგავს ელფერს ატარებს (მოგრძო ლამელები და ნუკლეუსები, ზოგ შემთხვევაში აგრეთვე მოგრძო ანამტერეეისაგან გაკეთებული იარაღები), მაგრამ იქვე აღმოჩენილი კაჟის უბრალო ანამტერეეებისაგან გაკეთებული განიერ სამუშაოპირიანი საფეკები, რეტუსით დაბლაგვებული სამკუთხა წვეტანები (სურ. 4) და სხვა მრავალი იარაღი მსგავსია შავი ზღვის საქართველოს სანაპიროზე

<sup>1</sup> აღმოჩენილი მასალის მთლიანად დამუშავების შემდეგ გახდება შესაძლებელი ზედმიწევნით განესაზღვროთ, თუ საგვარჯილის თითოეული კულტურული ფენის ნაშთები პალეოლითის რომელ ეპოქას უკავშირდება.



სურ. 5. გამოქვაბული „საგვარჯილე“



სურ. 6



აღმოჩენილი ე. წ. მუსტიეს ტიპის იარაღებისა [6] და ყირიმში გამოვლენილი ქვედა პალეოლითის უკანასკნელი საფეხურის ნაშთებისა [3, 5].

V ფენაში აღმოჩენილი პალეოზოოლოგიური ნაშთები და კაქის მთელი მასალის შემდგომი შესწავლა უფრო გარკვეულ წარმოდგენას მოგვცემს ქვედა და ზედა პალეოლითის შორის არსებულ იმ შუალედ საფეხურზე, რომელმაც ჩვენში ქვის ხანის უწყვეტი და კანონზომიერი განვითარების მსვლელობა უნდა დაამოწმოს.

საგვარჯილეს ძველი ქვის ხანის ფენათა ნაშთებიდან განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებენ საქართველოში პირველად აღმოჩენილი პალეოლითის ხელოვნების შემდეგი ნიმუშები: ტალკისაგან გაკეთებული სხვადასხვა გამოსახულების ყელსაკიდები (სურ. 6-ა), ლულოვანი მილისაგან გამოთლილი სადგისი, რომელიც იმავე დროს თევზის გამოსახულებას წარმოადგენს. სრულიად მარტივი დამუშავებით გამოყვანილია თევზის შესანიშნავი რეალისტური გამოსახულება (სურ. 6-ბ).

აქვე უნდა აღინიშნოს გამოქვაბულის ჩრდილო-აღმოსავლეთი ფართობის ბრეჭიის ფენის ქვეშ ერთად აღმოჩენილი ზღვის ლოკოკინას — *Turritella duplicata* L.—19 ცალი ნიჟარა<sup>1</sup>. ყოველი მათგანის ზედა უკანასკნელი ხვეული გახვრეტილია. ჩანს, ეს ნიჟარები საგვარჯილის ძველი ქვის ხანის ადამიანის ყელსაბაშს წარმოადგენდა (სურ. 6-დ). ნიჟარის კედლებზე ნახვრეტი ტლანქი იარაღით და გამოუცდელი ხელით არის ნაკეთები.

საგვარჯილის ნიჟარები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ზდება იმით, რომ ამ რიგის სამკაული და თვით ლოკოკინას ეს სახე საქართველოს ქვის ხანის ადამიანის ნამოსახლარი ადგილებისათვის დღემდე უცნობი იყო.

საგვარჯილის მრავალფენიანი ძეგლის მეცნიერული ღირებულება უპირველეს ყოვლისა იმაში მდგომარეობს, რომ ერთსა და იმავე ადგილზე თანამიმდევრობით დაფენილი ძველი და ახალი ქვის ხანის ნაშთები ზედმიწევნით დაადგინენ ქვის ხანის ქრონოლოგიურ პერიოდებს და საქართველოში დღემდე აღმოჩენილ იმავე ხანის ცალკეული საფეხურის კომპლექსებს ურთიერთთან ორგანულად დააკავშირებენ. ამ მიმართულებით წარმართული მომავალი კვლევა ძიება მრავალმხრივ მოჰყენს შუქს პირველყოფილ-თემური წყობილების იმ უძველეს ეპოქებს, რომლებიც, ფ. ენგელსის მიერ შემუშავებული პერიოდიზაციით, ველურობის ზედა საფეხურს და ბარბაროსობის ქვედა საფეხურს მიეკუთვნებიან [1].

მოსალოდნელია, რომ საგვარჯილის ქვის ხანის მასალები უფრო ფართოდ გამოავლენენ საბჭოთა არქეოლოგების მიერ საქართველოს პალეოლითში უკვე შემჩნეულ იმ ლოკალურ თავისებურებასაც, რომელშიც მკვლევანდება კავკასიისა და ხმელთაშუა ზღვის აუზში მდებარე ქვეყნების უძველესი კულტურის ერთობლიობა [7,9].

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის

ისტორიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას შოგვიდა 1.8.1953)

<sup>1</sup> ნიჟარები შესწავლეს საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის პიდრობიოლოგიის განყოფილების გამგე პ. როფ. ა. სადოესკიმ და ლენინგრადის ზოოლოგიის ინსტიტუტის მეცნიერმა თანამშრომელმა ი. გალკინმა პ. როფ. ა. ჟადინის ხელმძღვანელობით. ამ მეცნიერთა ახრით, საგვარჯილის ნიჟარები რნდოეთის ოკეანის (წითელი ზღვის ჩათვლით) ან ხმელთაშუა ზღვის ტურიტელათა გვარს მიეკუთვნება.

## დაბეჭდილი ლიტერატურა

1. ფ. ენგელსი. ოჯანის, კერძო საკუთრებისა და სახელმწიფოს წარმოშობა. თბილისი 1938, გვ. 24—25.
2. ვ. ბარდაველიძე. ქართველთა უძველესი სარწმუნოების ისტორიიდან. მასალები საქართველოს ეთნოგრაფიისათვის. თბილისი, 1951, გვ. 56—57.
3. Г. А. Бонч-Осмоловский. Шайтан-Коба типа Абри-Оди. Бюллетень Комиссии по изуч. четв. периода. 1930, стр. 61—77.
4. А. И. Джанелидзе. Геологические наблюдения в Окрибе. Тбилиси, 1940, стр. 7, 178—179.
5. С. И. Забини. Новооткрытая палеолитическая стоянка в Крыму. Известия Таврич. общ. ист. этногр., т. III, Симферополь, 1928, стр. 146—157.
6. С. Н. Замятин. Палеолит Абхазии. Сухуми, 1937, стр. 16, Рис. 12.
7. С. Н. Замятин. О возникновении локальных различий в культуре палеолитического периода. Труды Института этнографии, т. XVI, Москва, 1951, стр. 131—136.
8. В. А. Менабде. Ботанико-систематические данные о хлебных злаках древней Колхиды. Сообщ. Груз. Фил. АН СССР, т. I, 1940, стр. 683—684.
9. გ. ნიორაძე. პალეოლითის ადამიანი დევისხვრელში. ტფილისი, 1933, გვ. 77.
10. ი. ჯავახიშვილი. საქართველოს ეკონომიური ისტორია, I, ტფილისი, 1930, გვ. 322, 364.
11. ნ. ხოჭარია. დინა-გუძუბა, კოლხეთის დაბლობის ძველი მოსახლეობა. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. V, № 2, 1944, გვ. 208—210.



არქეოლოგია

ი. ბჟელიშვილი

„საბზარჯილის“ სტრატეგრაფიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ნ. ბერძენიშვილმა 1.8.1953)

ბოლო 25 წლის მანძილზე საქართველოში დიდი მუშაობა ჩატარდა პალეოლითური ძეგლების შესასწავლად.

ამ მიმართულებით ამჟამადაც დიდი მუშაობა მიმდინარეობს. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ი. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის ინსტიტუტმა 1951—52 წწ. ჩატარა ჯერ დაზვერვები და შემდეგ სისტემატური გათხრები პალეოლითური ნაშთებისა გამოქვაბულ „საგვარჯილეში“ (სოფ. ძვერი, თერჯოლის რაიონი).

გამოქვაბული „საგვარჯილე“ მდებარეობს სოფ. ძვერის ჩრდილო-აღმოსავლეთით 0,5 კმ მანძილზე, შავიწყლის მოკლე, მაგრამ ღრმა ხეობის ბოლოში, მდინარის მარცხენა ნაპირას, თითქმის იმ გამოქვაბულის პირდაპირ, საიდანაც ამოდის მიწისქვეშა მდინარე, რომელიც ამის შემდეგ ძვერულად იწოდება.

ეს კანიონისებრი ხეობა ვაკრილია ზედა ცარცის-ტურონ-სენონის მასიურ კირქვებში და გამოქვაბული სწორედ ამ ქანებშია წარმოქმნილი. იგი მდინარის ნარწყულის ზედაპირიდან დაახლოებით 18 მ, ხოლო მის პირდაპირ მდებარე პატარა მდინარეული ტერასიდან 10 მ სიმაღლეზე მდებარეობს.

გამოქვაბული კარსტული წარმოშობისაა, რასაც თვალნათლივ ადასტურებს ხეობის მარცხენა და მარჯვენა ნაპირას მასიურ კირქვებში იარუსებად განლაგებული მრავალი ასეთივე გამოქვაბული და აგრეთვე ასიოდე კარსტული სასულე იმავე ხეობის ფერდობებსა და წყალგამყოფ ქედებზე.

დიდი ხანია ცნობილია, რომ მიწისქვეშა მდინარე, რომელიც ამ ხეობის დასაწყისში გამოქვაბულიდან ამოდის და რომელსაც შემდეგ ძვერულას უწოდებენ, იგივე მდინარე ტყიბულაა, ახალსოფლის ტაფობში აღვილ წყალდასავალთან ზედა ცარცის კირქვების სასულეებში რომ იკარგება მდ. ძვერულას დასაწყისიდან დაახლოებით ორი კილომეტრის დაშორებით, მის ჩრდილოეთით.

ამ მიდამოების გეოლოგიური აგებულება შესწავლილი აქვს პროფ. ალ. ჯანელიძეს 1928—1932 წლებში, ოკრიბის მიდამოების საერთო გეოლოგიის კვლევის დროს, მისი აზრით [1], მდინარე ტყიბულას ევოლუცია, რომელიც უშუალოდაა დაკავშირებული ჩვენთვის საინტერესო მდ. შავიწყლის ხეობის წარმოშობასთან, შემდეგია:



„მდინარეს (ტყიბულას—ი. გ.) დასაწყისში მთლიანად ზედაპირული დინება ჰქონდა. მას შემდეგ, რაც იგი გადაკვეთდა კირქვებს, რომლებიც საზღვრავდა ოკრიბას სამხრეთით, გადიოდა არგვეთში. წყალდასავლის უნაგირა, რომლის მარჯვნივ და მარცხნივ აზიდულია კირქვები დიდ სიმაღლეზე, წარმოადგენდა ამ ძველი ხეობის ნაშთს. მდინარის ეროზიული ენერგია ამ დროს ძალიან ძლიერი უნდა ყოფილიყო, რის შედეგადაც მას სულ ადვილად შეეძლო ჩაეჭრა კალაპოტი თანამედროვე მის დონეზე უფრო ღრმად. შემდგომ წარმოიშვა შეცოცება, რომელმაც შექმნა თანამედროვე პირობები.

ადილი წარმოსადგენია, რამდენად ახალგაზრდა უნდა იყოს აღნიშნული შეცოცება“.

შავწყლის ხეობის წარმოშობისა და განვითარების ძირითადი კონცეფცია, რომელიც პროფ. ა. ჯანელიძეს ეკუთვნის, ამჟამად სულ ახალი ფაქტობრივი გეოლოგიური მასალებითაა შემავრებული. ეს მასალა შეგროვებულია ერთ-ერთი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის მშენებლობის საინჟინრო-გეოლოგიურ გამოკვლევებთან დაკავშირებით.

ყველა ეს ამჟამად უფლებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ მდ. შავიწყლის პატარა ხეობა (დაახლ. 1 კმ სიგრძისა), რომლის ბოლოშიც ჩვენთვის საინტერესო გამოქვაბული მდებარეობს, უმთავრესად კარსტული ხასიათისაა და იგი წარმოშობილია ცარსტული კირქვების ქერწლისებრი შეცოცებით სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ ოკრიბის ტაფობში განვითარებულ იურულ ნალექებზე. თუ რამდენად მძლავრი იყო ეს უახლოესი დროის ტექტონიკური მოძრაობა (შეცოცება), ამას მოწმობს ვერტიკალურად აზიდული კირქვების ბუნებრივი კაშხალი წყალდასავლთან, დაახლოებით 225 მ სიმაღლისა, რომელიც მდინარე ტყიბულას წინ გადაედგება.

მასიურ კირქვებში, რომლის ფენები სამხრეთითაა დაქანებული, დაახლოებით 20—25 გრადუსით, არსებულ გამოქვაბულს, რომელშიც პალეოლითური ნაშთები აღმოჩნდა, გათხრებამდე მეტად თავისებური, მასივში ღრმად შეჭრილი ფარდულის სახე ჰქონდა და მისი თითქმის ოვალური კვეთი ფასადის მხრივ მთლიანად ღია იყო. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ გამოქვაბულში არსებულ ცალკე შეჭრილ პატარა ნიშებს, მაშინ მისი იატაკის გეგმა წარმოადგენს არასიმეტრულ ნაკეთს, რომლის მაქსიმალური სიგრძე ფასადის გასწვრივ 35 მ, სიღრმე—11 მ და სიმაღლე 13 მეტრს უდრის.

ამ ძველის გათხრები წარმოებდა გამოქვაბულშიც, მის ფერდობებზედაც და ნაწილობრივ იმ პატარა მდინარეული ტერასის ფერდობზედაც, რომელიც გამოქვაბულის პირდაპირ მდებარეობს მდინარის მარცხენა ნაპირას. გამოქვაბულის ზედაპირის აბსოლუტური ნიშნული არის 220,50 მ, ტერასისა—211,00 მ, ხოლო მდინარის ნარწყულისა—203 მ. ტერასა მდინარესთან მთავრდება 8 მ სიმაღლე ფლატით.

არქეოლოგიური გათხრა წარმოებდა ფენა-ფენა, დიდი ზომის თხრილებში. პარალელურად მიმდინარეობდა აგრეთვე ძველების ფიქსაცია: ტოპოგრაფიული, ფოტოგრაფიული, მხატვრული, გეოლოგიური და, რაც მთავარია, მეტად დეტალური არქეოლოგიური.

ამ გათხრებით დადგენილ იქნა, რომ გამოქვაბული „საგვარჯილემ“ რთული აგებულების არქეოლოგიური ძეგლია— შეიძლება ითქვას უნიკალური, რადგანაც აქ გარკვეული თანმიმდევრობით, ზევიდან ქვევით, გვხვდება: ფეოდალური და ანტიკური დროის, ნეოლითური და პალეოლითური ხანის ძეგლები. მაგრამ, მიუხედავად ასეთი სტრატეგრაფიული კრილისა, ძეგლი თავისი ძირითადი მნიშვნელობით მაინც ქვის ხანის კლასიკურ ძეგლად შეიძლება ჩაითვალოს.

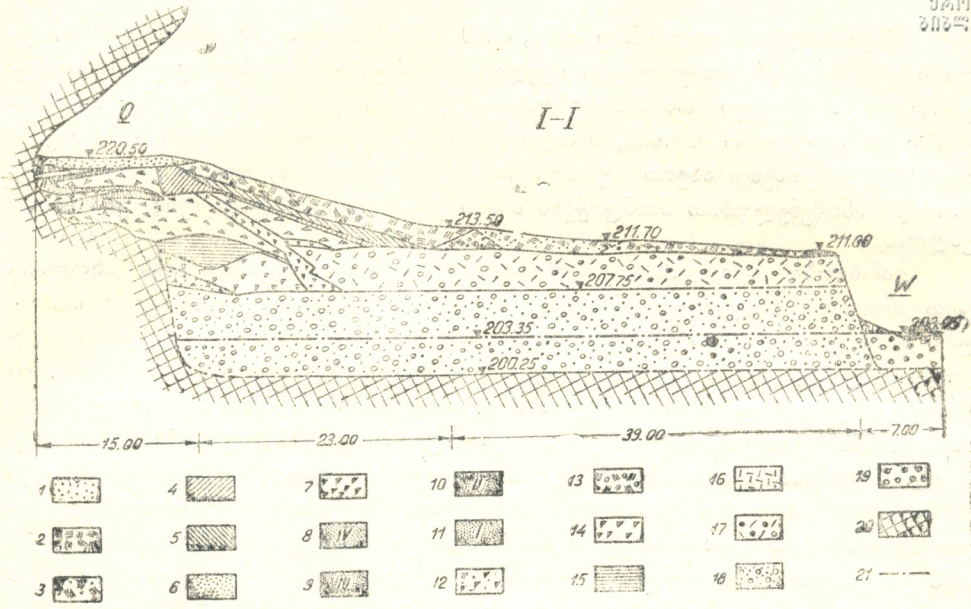
გათხრების ადგილას 5 კრილი იყო შედგენილი. ამჟამად ჩვენ მხოლოდ ერთ მთავარ კრილზე გვექნება საუბარი, სახელდობრ, ცენტრალური თხრილის სამხრეთი კედლის გასწვრივ შედგენილ კრილზე, რომელიც გამოქვაბულიდან იწყება, გადის ტერასაზე და მდინარის ნარწყულთან მთავრდება. ეს კრილი იმდენად დამახასიათებელია ძეგლისათვის, რომ თითქმის ყოველმხრივ ასახავს მის სტრატეგრაფიას და გეოლოგიურ პირობებს (სურ. 1).

კრილიდან ჩანს, რომ გათხრების ადგილას ძირითად, მკვიდრ სუბსტრატს წარმოადგენს მასიური კირქვები, რომელთა ზედაპირი ტერასიდან დაახლოებით 11 მ, ხოლო ნარწყულიდან 3 მ სიღრმეზე მდებარეობს. გამოქვაბულთან კი ეს კირქვები ერთსაფეხურიან ვერტიკალურ, მაღალ კედელს ქმნის და მთავრდება მასივში შეჭრილი დიდი „ნიშით“, ფარდულით, რომელიც ზემოთ აღვწერთ.

კრილში ამ კირქვებს უშუალოდ თავზე ადევს საკმაოდ სქელი ფენა ქვარგვალისა, ნარწყულიდან დაწყებული კირქვის კედლამდე, გამოქვაბულთან. ფენის სისქე დაახლოებით 11 მ უდრის. გენეტიკურად შეიძლება ამ ფენის ორად გაყოფა: ზედა და ქვედა, უფრო სქელ ფენად. ძირითადი განსხვავება მათ შორის მარტო ფიზიკური თვისებებით კი არ გამოიხატება, არამედ მათი დაგროვების დროისა და ნალექების საერთო ხასიათითაც. ამათგან სულ ცალკე უნდა იყოს გამოყოფილი ქვარგვალის ის ფენა, რომელიც კრილში ნარწყულის ადგილასაა განვითარებული. ეს მოძრავი ალუვიონია და უშუალოდ არ არის დაკავშირებული ზემოაღწერილ ძველ ალუვიონთან. ძველისა და თანამედროვე ალუვიონის დამახასიათებელი მაინც ისაა, რომ ნაგორები ქვები კარგად არ არის დამრგვალებული, რადგანაც მათი გორების გზა მკირეა (1 კმ). ამასვე მოწმობს ქვარგვალის შემმაგრებელი ნივთიერებაც— არაერთგვაროვანი, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშები ან თიხნარები.

მოყვანილი კრილიდან კარგად ჩანს აგრეთვე, რომ კულტურული ფენები გამოქვაბულის მხრივ მთლიანად დადის ქვედა, ძველი ალუვიონის ზედაპირზე, და აქედან, ვფიქრობთ, იმ დასკვნის გამოყვანა შეიძლება, რომ პალეოლითელი ადამიანი უშუალო დამსწრე ყოფილა ალუვიონის ზედა ფენის ტერასზე დაგროვებისა.

კულტურული ფენების სტრატეგრაფიული კრილის ამოკითხვა საშუალებას იძლევა აგრეთვე დავადგინოთ, რომ ცალკე ფენების სიმძლავრე და გავრცელება კრილში ყველგან უკლებლივ წარმოდგენილი როდია. ეს გამოწვეულია, ერთი მხრივ, ადამიანის მიერ მისი მოსპობით (პარდაპირ რომ ვთქვათ, ყველა პერიოდში ადამიანის მოქმედებას შეჰქონდა მათი არსებობის წინა პე-



სურ. 1

ბ ი რ ო ბ ი თ ი ნ ი შ ნ ე ბ ი :

1. მორუსხო-ნაცრისფერი ქვიშნარი, არაერთგვაროვანი, კირქვის დიდ-პატარა ნატეხებისა და როჟკის ჩანართებითურთ. გრუნტში გვხვდება ქვანახშირის პატარა ნატეხები. ფენაში უხვადაა გვიანი პერიოდის სამარხები, ნეოლითური და პალეოლითური ნაშთები.
2. შავი თიხები კირქვის დიდ-პატარა ნატეხებითა და როჟკით. ფენაში აქა-იქ გვხვდება გვიანდელი კერამიკის ფრაგმენტები, ნეოლითური და პალეოლითური ნაშთები.
3. შავი თიხები კირქვის დიდ-პატარა ნატეხებითა და როჟკით. ქვევრსამარხებისა და ღორმოსამარხების ფენა.
4. მოყვითალო თიხნარები კირქვის როჟკით, ადგილ-ადგილ გვხვდება კირქვის დიდ-პატარა ნატეხები. ნეოლითური ფენა (?).
5. მონაცრისფრო თიხნარები კირქვის დიდ-პატარა ნატეხებით. ნეოლითური ფენა.
6. მოყვითალო თიხები კირქვის როჟკით. მეორეული პალეოლითური ნაშთები.
7. კირქვის როჟკი ქვიშნარისა და თიხნარის შევსებით. მეორეული პალეოლითური ნაშთები.
8. კირქვის როჟკი ქვიშნარ-თიხნარითურთ. პალეოლითური ნაშთები (IV ფენა).
9. კირქვის როჟკი და დიდ-პატარა ნატეხები ქვიშნარ-თიხნარითურთ. პალეოლითური ნაშთები (III ფენა).
10. კირქვის როჟკი, ადგილ-ადგილ კირქვის დიდ-პატარა ნატეხები ქვიშნარ-თიხნარითურთ, ბრექჩიები, თიხები. პალეოლითური ნაშთები (II ფენა).
11. კირქვის როჟკი, ადგილ-ადგილ კირქვის ნატეხები ქვიშნარ-თიხნარითურთ. თიხები, პალეოლითური ნაშთები (I ფენა).
12. კირქვის დიდ-პატარა ნატეხები მოწითალო, არაერთგვაროვანი თიხნარითურთ. მეორეული პალეოლითური ნაშთები.
13. შავი თიხები კირქვის დიდ-პატარა ნატეხებითა და როჟკითურთ (დელუვიონი).
14. კირქვის დიდ-პატარა ნატეხები, როჟკი, თიხნარები, ბრექჩიები და კირტუფი. სტერული ფენები.
15. მოწითალო თიხები.
16. კირქვის დიდ-პატარა ნატეხები ქვიშნარითურთ (დელუვიონი).
17. კირქვის დიდ-პატარა სუსტად დამრგვალებული ქვარგვალი არაერთგვაროვანი თიხნარ-ქვიშნარითურთ (ხედა ალუვიონი).
18. კირქვის დიდ-პატარა სუსტად დამრგვალებული ქვარგვალი და ხვინჭა ქვიშებითურთ (ქვედა ალუვიონი).
19. კირქვის დიდ-პატარა სუსტად დამრგვალებული ქვარგვალი და ხვინჭა ქვიშებითურთ (მოძრავი, თანამედროვე ალუვიონი).
20. მასივური კირქვები (ხედა ცარცი).
21. გრუნტის წყლის დონე.

რიოდში წარმოშობილ კულტურულ ფენებში ესა თუ ის ცვლილება ან სპობ-  
და მათ), ხოლო, მეორე მხრივ, ამასვე უწყობდა ხელს ბუნებრივი პირობები:  
ახალი სტერილური ფენების დაგროვება თუ ყველას ერთად გადარეცხვა. ამის  
ნიშნები ქრილში ბევრია და ჩვენ მათზე აღარ შევაჩერებთ ყურადღებას.

მაგრამ, ასეა თუ ისე, მოყვანილი ქრილის მიხედვით ჩვენ შეგვიძლია და-  
ვადგინოთ: ზედა პალეოლითის ოთხი, ერთმანეთისაგან გამოყოფილი ძირი-  
თადი ფენა, ზედა ორი ფენის შესატყვისი წარმონაქმნი ფერდობზე და ერ-  
თიც მეტად ღრმად (13 მ სიღრმეზე) მდებარე კულტურული ფენა, რომელიც,  
შესაძლებელია, შეესატყვისებოდეს გამოქვაბულის პირველ ძირითად ფენას.

ნეოლითური დროის ფენა ხელშეუხებლად მხოლოდ გამოქვაბულის წინა  
ფერდობზე აღმოჩნდა და ზოგიც, ნაფლეთ-ნაფლეთ, თვით გამოქვაბულში. საკ-  
მაოდ ფართოდაა გავრცელებული გამოქვაბულის სულ ზედა ფენებში და ფერ-  
დობზედაც ანტიკური და უფრო მეტად—ფეოდალური ხანის სამარხები. აქა-  
იქ აღმოჩნდა აგრეთვე ანტიკური ხანის სამარხები იმ კორდოვან ფენაშიაც,  
რომელიც ტერასის ზედაპირზეა გავრცელებული ალუვიონის თავზე. კულტურ-  
ულ ფენებს უმთავრესად ლინზისებური განლაგება ახასიათებს, შრეების სა-  
ხით კი ისინი მხოლოდ ფერდობებზეა კარგად წარმოდგენილი. ამ ფენა-ლინ-  
ზების მაქსიმალური სისქე ცვალებადია და არ აღემატება 1—2 მეტრს.

აღნიშნული სხვადასხვა დროის კულტურული ფენები ქრილში ყოველ-  
თვის თანამიმდევრობით არ მოსდევს ერთიმეორეს და ხშირად ისინი განცალ-  
კევებული არიან ე. წ. სტერილური (ფუჭი) ფენებით. მაგრამ საერთოდ კულ-  
ტურული და სტერილური ფენების განლაგების სურათი მაინც იმდენად ნათე-  
ლია, რომ ეს ქრილი მთლიან წარმოდგენას იძლევა ძველის აგებულების შე-  
სახებ.

გათხრების დროს ყველა ფენაზე უშუალო დაკვირვებამ საშუალება მოგვ-  
ცა აგრეთვე დავასკვნათ, რომ სტერილური ფენების მასალა ძირითადად წარ-  
მოდგენილია კირქვის სხვადასხვა სიდიდისა და სხვადასხვა მექანიკური შედ-  
გენილობის ნატეხებითა და როკკით, რომელთა შორის სივრცე უმეტეს შემთ-  
ხვევაში ამოვსებულია არაერთგვაროვანი ქვიშებითა და თიხნარებით. იმ აღ-  
გილებში, სადაც საამისო პირობები იყო, ეს მასალა ალაგ-ალაგ ბრეჩქიდაც  
კია გადაქცეული. მხოლოდ ერთ ჰორიზონტზე, კულტურულ ფენებს შორის,  
დაახლოებით 8—9 მეტრის სიღრმეზე, აღმოჩნდა საკმაოდ სქელი ლინზა ერთ-  
გვაროვანი მოწითალო თიხისა. ასეთივე თიხები გამოქვაბულში აღმოჩენილ  
იქნა კედლების გასწვრივაც სხვადასხვა ჰორიზონტზე. აქვე უნდა აღინიშნოს,  
რომ კულტურული ფენების მექანიკური შედგენილობა და ფიზიკური მდგო-  
მარეობაც ძირითადად იგივეა, რაც სტერილური ფენებისა, განსხვავება მხო-  
ლოდ იმაშია, რომ კულტურულ ფენებში ჩვენ უხვად ვხვდებით, ბუნებრივ  
მინერალურ მასალასთან ერთად, სხვადასხვა სახის არქეოლოგიურ ნაშთებ-  
საც: ქვის, კაჟის ან ძვლის იარაღს ან ამა თუ იმ ნაწარმს, კერებს, ნაშენ-  
თა ნაშთებს, ცხოველთა ძვლებს და სხვ., მაგრამ ძირითადი მაინც ის არის,  
რომ ამ ფენებში ზოგ ადგილას სხვადასხვა ფერის თიხები და თიხნარები  
მაინც ჭარბობს და ამ მხრივ ეს ფენები მკვეთრად გამოიყოფა სტერილური

ფენებისაგან. ხშირად კულტურული ფენები ბრეჭიებადაც იყო ქცეული—უმთავრესად გამოქვაბულის ცენტრალურ ნაწილში და ადგილ-ადგილ გამოქვაბულის აღმოსავლეთი კედლის მახლობლადაც.

აღწერილისაგან მთლიანად განსხვავებულია გამოქვაბულის სულ ზედა ფენა, რომელშიაც მოგვიანო პერიოდის სამარხები იყო განლაგებული. ეს ფენა მეტნაკლებად თითქმის ერთგვაროვანი ფხვიერი ქვიშებითაა წარმოდგენილი. იგი შეიცავს ქვანახშირის პატარა ჩანართებს და ძალიან ჰგავს იმ ქვიშებს, რომლებიც მდებარეობენ ნარწყულში, მიწისქვეშა მდინარის ამოსვლის ადგილას.

ხემომოყვანილი მასალებიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ შავიწყლის პატარა ხეობა, სადაც გამოქვაბული მდებარეობს, წარმოშობილია უახლოეს გეოლოგიურ წარსულში. ხეობის გამოქვაბულთა სისტემა, ისევე როგორც ქვის ხანის ნაშთების შემცველი გამოქვაბული ზედა ცარცის კირქვებში, წარმოქმნილია კარსტული მოვლენების შედეგად და მის საბოლოო გაფორმებაში ზედაპირულ ეროზიასაც დიდი ხვედრითი წონა ჰქონია.

იმ დროს, როდესაც პირველად დაიწყო ზედაპალეოლითელმა ადამიანმა ცხოვრება ამ გამოქვაბულში, არსებობდა მხოლოდ შავიწყლის ქვედა, ძველი ალუვიონის ზედაპირი (ნიშნული 207, 75), ხოლო თვით გამოქვაბული საფეხურებად აღმავალი ვერტიკალური კედლის თავზე იყო, იმ დროის ნარწყულის ნაპირას.

ახლა ძნელია გარკვევა, თუ რა პირობებმა გამოიწვია ამ გამოქვაბულის პირდაპირ მდებარე ტერასაზე ადამიანის ცხოვრების შედეგად კულტურული ფენების წარმოშობა დელუვიონის დაგროვების პარალელურად, მაგრამ ეს ფაქტია და ამიტომ ამას გვერდს ვერ ავუვლით. ვფიქრობთ, გამოქვაბულშიც და მის გარეთაც წყლების მიერ ჩამონარეცხი იმდენი მასალა (მიწა-ლორღი) დაგროვილა სულ მალე, რომ გაჩენილა გამოქვაბულის მეოთხეული გრუნტებისაგან შემდგარი პირველი იატაკი და მისი შესატყვისი ფერდობიც. ამ დროს ფერდობი საკმაოდ წინ უნდა ყოფილიყო წამოწყული, დაახლოებით დღევანდელი ფერდობის დასაწყისამდე, ტერასის მხრივ, თორემ სხვანაირად ძნელი ასახსნელია, თუ როგორ დაილექა გამოქვაბულის წინ ჩამონარეცხ კონუსისებრად დაყრილ ლორღსა და კირქვის კედელს შორის თიხების სქელი ლინზა. ადვილი დასაშვებია ისიც, რომ მას შემდეგ იმავე ზედა პალეოლითში არა ერთხელ შეცვლილა გამოქვაბულის ფერდობის კონფიგურაცია მისი მორეცხვისა თუ მასალის ახალი აკუმულაციის (დაკროვების) გამო.

ფერდობის პირვანდელი პროფილის აღდგენისას უნდა დავუშვათ, რომ შავიწყალი იმ დონეზე მიედინებოდა, რომ მას ადვილად შეეძლო ფერდობის უშუალოდ მორეცხვა. ასეთი ვითარება გრძელდებოდა უსათუოდ პალეოლითის მესამე ფენის წარმოშობამდე მაინც, როდესაც გაჩნდა გამოქვაბულის ახალი იატაკი და, მაშასადამე, მისი შესატყვისი ახალი ფერდობიც, იმ კულტურული ფენით, რომელიც ტერასასთან ორად არის განტოტებული.

ამ დროს შავიწყლის ხეობაში მეტად მნიშვნელოვან გეოლოგიურ მოვლენებს უნდა ჰქონოდა ადგილი. ჩვენთვის ჯერჯერობით უცნობი მიზეზების გამო ალუვიონის ოთხიოდე მეტრის სისქე ფენის აკუმულაცია ხდებოდა ნარწყ-



კულში და ისე სწრაფად, რომ მდინარე, რომელიც მსხვილ მასალას მოაგორებდა, მაინც ვერ ასწრებდა წვრილმარცვლოვანი ნალექებით წარმოდგენილი კულტურული ფენების მორეცხვას. ამიტომაცაა, რომ კულტურული ფენა ახლად წარმოშობილ ალუვიონს მიეზღინება ფერდობის ძირზე და ზედაც გადაეფარა.

ამ მოვლენამ სულ მალე ალბათ შეცვალა კიდევაც შავიწყლის დინების მიმართულება და რეჟიმი. იგი გამოქვაბულს დაშორებია, კლდოვან მარჯვენა ნაპირს მიახლოვებია და ამის შემდეგ აქვე განუგრძია ინტენსიური ეროზია თავისივე ნალექებისა, რომლებიც ამჟამად დაახლოებით 8 მეტრითაა ჩაჭრილი.

მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მდინარემ მის მიერვე წარმოშობილი ახალი ნარწყულის მიმართულებით იწყო დინება, იგი საკმაოდ დაშორდა გამოქვაბულს და ამის შემდეგ გამოქვაბულის იატაკმაც და ფერდობმაც თითქმის თანამედროვე სახე მიიღო. საფიქრებელია, რომ ნეოლითის შემდეგ გამოქვაბულის იატაკის დონე უკვე აღარ ამალღებულა, სამაგიეროდ საკმაოდ სქელი ახალი ფენა წარმოიქმნა ფერდობზე და ნაწილობრივ ტერასაზედაც.

გამოქვაბულისა და ფერდობის ნალექების წარმოშობაში, გარდა ადამიანისა, ბუნებრივი ძალებიც რომ დიდ მონაწილეობას იღებდნენ, ამას ადასტურებს გამოქვაბულის მიდამოებში, ფერდობებზე, სწორედ ამ სახის ნალექების უხვა დაგროვება. უდაოა ისიც, რომ დროთა განმავლობაში გამოქვაბულის წინ ჩამოწოლილი კირქვის კედელიც იფიტებოდა, იშლებოდა და ცვიოდა გამოქვაბულის იატაკზე. მხოლოდ ჭერის ქანების ჩამოქცევით თუ შეიძლება აიხსნას ის გარემოება, რომ გამოქვაბულის სამხრეთ ნაწილში ზედა პალეოლითური დროის I და II ფენას შორის გვხვდება საკმაოდ დიდი ფენის ნაფლეთი, მიწაზე დაცემისაგან დაქუცმაცებული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის ისტორიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 15.8.1953)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. И. Джанелидзе. Геологические наблюдения в Окрыбе. Тбилиси, 1940, გვ. 38  
178—180—216—250.

რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიძევილი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, აკ. წერეთლის ქ., № 3/5  
Типография Издательства Академии Наук Грузинской ССР, ул. Ак. Церетели, № 3/5

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.11.1953

საბეჭდი ფ. 5,5

ანაწყოების ზომა 7×11

სააღრ.-საგამომცემლო ფორმათა რაოდ. 4,5

შეკვ. 1463

უფ 10795

ტირაჟი 1000