

524

საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მ თ ა მ ბ ე

26

გომი XXII, № 4

ქიმიური, ქართული გამოცემა

1959

ა ვ რ ი ლ ი

შ ი ნ ა რ ს ი
მათემატიკა

1. ა. ვალდიშვილი. რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ განზოგადებული პენტაგონალური რიცხვების ჯამების სახით	385
მეკანიკა	
2. ე. ობოლაშვილი. უმომენტო ელიფსური გარსის ერთი სასახლგრო ამოცანის შესახებ	393
დრამატოგის თეორია	
3. გ. კუბრაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). ანაერტიკვაროვანი დრეკადი ტანების სასახლგრო ამოცანების თეორიისათვის	401
გეოფიზიკა	
4. გ. მანაგაძე. სიმკვრივეთა გამყოფი ზედაპირის განსახლგრის საკითხისათვის	409
ასტროფიზიკა	
5. ა. სემიონოვი. მზის რადიოხმაურის გაზომვა 209 მეგაჰერცის სიხშირეზე	413
ჰიმი	
6. ლ. ივანიციკი, ლ. ბერუჩაშვილი, ე. ნანობაშვილი. რენტგენული და γ-გამოსხივების მოქმედება მძიმე ლითონების კოლოიდური სულფიდების, ფეროციანიდებისა და ფეროციანიდების სტაბილობაზე	417
გეოლოგია	
7. თ. ოქროპირიძე. ზოგიერთი მოსახრება ახალი ათონის მიდამოების მსხვილი ფორამინიფერების პალეოგეოლოგიის შესახებ	425
ტიქნიკა	
8. დ. კერესელიძე. დაბალრესტერკიანი ხახუნის ჰიმინჯებიანი საძირკვლების ანგარიშის შესახებ	433
9. გ. შახრომანოვი და ა. სოხაძე. გარსების მნებ ძალებზე ანგარიშის შესახებ	441
მცენარეთა ფიზიოლოგია	
10. გ. სანაძე. სინათლის როლი მცენარეთა მიერ ნივთიერებათა ცვლის აქროლადი ორგანული პროდუქტების წარმოქმნაში	449
ფიზიოლოგია	
11. თ. იოსელიანი. სპინალური რეფლექსების შეკავება ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების გაღიზიანებისას	455
12. ა. გოგოშვილი. საირმის მინერალური წყლის კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე მოქმედების მექანიზმის საკითხისათვის	461
მქსპერიმენტული მედიცინა	
13. გ. სამსონიძე. რეგენერაციის პროცესში მყოფი თირკმლის ფუნქციის ცვლილება გადიდებული ფუნქციონალური დატვირთვის პირობებში	469
14. შ. ბრეგვაძე. მიტრალური მანკით დაავადებულ ავადმყოფთა გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების ცვლილებები კურორტ წყალტუბოში მქურნალობის გავლენით	475
15. ა. სინარულიძე. შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლანზმის გავლენა ცხოველის ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციურ მდგომარეობაზე	483
კლინიკური მედიცინა	
16. მ. დირდალაძე. საერთო რკინის რაოდენობა და მისი დინამიკა ძვლის ტვინსა და პერიფერიულ სისხლში ჰიპოქრომულ-ჰიპოერეგენერატორული ანემიების მქურნალობისას	491
ისტორია	
17. დ. ხახუტაიშვილი. ანტიკური ხანის ქართლის (იბერიის) ქალაქების გეოგრაფიული განლაგების საკითხისათვის	499
მეცნიერების ისტორია	
18. ვ. პარკაძე. ერთი საკითხი ფიზიკის ისტორიისა საქართველოში	505

ა. ვალფიზი

რიცხვითა წარმოდგენის უმსახებ განზოგადებული პენტაგონალური რიცხვების ჯამების სახით

(წარმოდგინა აკადემიოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 2.7.1958)

§ 1. წინამდებარე შრომაში გამოყენებულ იქნება შემდეგი აღნიშვნები: M, N, d, s, q —ნატურალური რიცხვები; u, v —კენტი ნატურალური რიცხვები; p —მარტივი რიცხვი; j —არაუარყოფითი მთელი რიცხვი; c, g, h, m, n, x —მთელი რიცხვები; χ, τ —კომპლექსური რიცხვები, ამასთანავე $\text{Im} \tau > 0$.

$\left(\frac{h}{u}\right)$ აღნიშნავს იაკობის სიმბოლოს, თუ $(h, u) = 1$; $\left(\frac{h}{u}\right) = 0$, თუ

$(h, u) > 1$; $\chi(n)$ —ქარაქტერია $\text{mod } q$, $\lambda = \left[\frac{s-1}{3}\right]$; $e(\chi) = \exp(2\pi i \chi)$, $Q = e\left(\frac{\tau}{12}\right)$;

$p^j \parallel n$ აღნიშნავს, რომ $p^j \mid n$, მაგრამ $p^{j+1} \nmid n$.
დავუშვათ,

$$\begin{aligned} \vartheta_{gh}(\chi, \tau; c, N) &= \sum_{\substack{m=-\infty \\ m \equiv c \pmod{N}}}^{\infty} e\left(\frac{h(m-c)}{2N}\right) e\left(\frac{\left(m + \frac{1}{2}g\right)^2}{2N} \tau\right) \times \\ &\times e\left(\left(m + \frac{1}{2}g\right) \chi\right), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\vartheta_{gh}(\tau; c, N) = \vartheta_{gh}(0 \mid \tau; c, N), \quad (2)$$

$$L(s, \chi) = \sum_{n=1}^{\infty} \chi(n) n^{-s}. \quad (3)$$

განზოგადებული პენტაგონალური რიცხვები ეწოდება შემდეგი სახის რიცხვებს:

$$t_5(x) = \frac{3}{2}x^2 - \frac{1}{2}x. \quad (4)$$

ვთქვათ, $r_s(n)$ აღნიშნავს n -ის წარმოდგენათა s რაოდენობას (4) სახის რიცხვების ჯამის სახით, ე. ი.

$$n = \sum_{k=1}^s \left(\frac{3}{2}x_k^2 - \frac{1}{2}x_k\right)$$



განტოლების ამონახსნების რაოდენობას, ანუ, რაც იგივეა,

$$2n = \sum_{k=1}^s (3x_k^2 - x_k) \quad (5)$$

განტოლების ამონახსნების რაოდენობას მთელ რიცხვებში x_1, x_2, \dots, x_s თუ დავუშვებთ, რომ $M = 24n + s$, მივიღებთ

$$M = \sum_{k=1}^s (6x_k - 1)^2.$$

მაშასადამე, (5) განტოლება ლებულობს სახეს

$$M = \sum_{k=1}^s y_k^2, \quad y_k \equiv -1 \pmod{6} \quad (6)$$

(6) განტოლების ამონახსნთა რიცხვი აღვნიშნოთ $R_s(M)$ -ით. მაშინ, ცხადია,

$$r_s(n) = R_s(M). \quad (7)$$

(1), (2) და (7)-დან გამომდინარეობს

$$\mathfrak{F}_{00}^s(\tau; -1, 6) = \sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv s \pmod{24}}}^{\infty} R_s(M) Q^M. \quad (8)$$

სტრეფკერკის მიხედვით ([2], გვ. 49) დავუშვათ, რომ

$$\Theta(\tau) = \sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv s \pmod{24}}}^{\infty} \rho_s(M), \quad (9)$$

სადაც

$$\rho_s(M) = \frac{\pi^{s/2} M^{s/2-1}}{\Gamma\left(\frac{s}{2}\right) 2^{s-2} 3^{s-1}} \sum_{q=1}^{\infty} q^{-s} \sum'_{h \pmod{q}} e\left(-\frac{hM}{12q}\right) S_{00}^s\left(\frac{h}{q}; -1, 6\right). \quad (10)$$

აქ შტრიხი აღნიშნავს, რომ h გაიზბენს ნაშთთა დაყვანილ სისტემას \pmod{q} , და

$$S_{00}\left(\frac{h}{q}; -1, 6\right) = \sum_{\substack{m \pmod{6q} \\ m \equiv -1 \pmod{6}}} e\left(\frac{hm^2}{12q}\right).$$

(10) მწკრივი აბსოლუტურად კრებადია, როცა $s \equiv 5 \pmod{24}$ ([2], გვ. 50). სტრეფკერკმა დაამტკიცა ([2], თეორ. 17), რომ

$$\mathfrak{F}_{00}^s(\tau; -1, 6) = \Theta_s(\tau) \quad (s = 3, M \equiv 3). \quad (11)$$

(11) და (7)-(9)-დან გამომდინარეობს, რომ

$$2n = \sum_{k=1}^3 (3x_k^2 - x_k)$$

ვანტოლების ამონახსენთა რიცხვი, და, მაშასადამე, $n \equiv 0$ რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობა სამი განზოგადებული პენტაგონალური რიცხვის ჯამის სახით $p_s(M)$ -ის ტოლია, სადაც $M = 24n + 3$ ([2], გვ. 96).

როცა $s > 3$, (11) იგივეობა, საზოგადოდ, არაა სამართლიანი.

გ. ლომიძემ აჩვენა ([3], თეორ. 1), რომ, როცა $s \equiv 3$, ადგილი აქვს იგივეობას

$$\varphi_{00}^s(\tau; -1, 6) = \sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv s \pmod{24}}}^{\infty} p_s(M) Q^M + \sum_{l=1}^{\lambda} A_s^{(l)} \varphi_{00}^{s-4l}(\tau; -1, 6) \varphi_{01}^{4l}(\tau; -1, 6), \quad (12)$$

თუ კი შესაძლებელია $A_s^{(l)}$ მუდმივების ისეთიანი შერჩევა, რომ (12)-ის ორივე მხარეში Q -ს ერთიანი ხარისხებთან მდგომი კოეფიციენტები დაემთხვენ ერთმანეთს $Q^{s'}$ ჩათვლით, სადაც $s' = s + 24(s-1)$.

(12) იგივეობა სამართლიანია, როცა $s = 4, 5, 6, 7$ ([3], თეორემები 2, 3, 4, 5).

წინამდებარე შრომაში მტკიცდება (12) იგივეობის სამართლიანობა, როცა $s = 8$. შემდეგ ამ იგივეობიდან გამოიყვანება ფორმულა წარმოდგენათა რიცხვისათვის 8 განზოგადებული პენტაგონალური რიცხვის ჯამის სახით. ამას გარდა, ნაჩვენებია იქნება, რომ, როცა $s = 9$ ზემოთ მოყვანილ საკმარის პირობას არ ექნება ადგილი.

§ 2. ლემა 1 ([2], თეორემა 10). ვთქვათ s ლუწია,

$$M \equiv s \pmod{24}, \quad p^j \parallel M, \quad M_1 = \prod_{p \mid M, p \neq 6} p^j.$$

მაშინ, როცა $s \equiv 0 \pmod{4}$,

$$p_s(M) = \frac{2M^{s/2-1} s}{|B_{s/2}| 2^{s-2} 3^{s-1} (2^{s/2} - 1)} \psi(M_1) (1 - 3^{-s/2})^{-1},$$

სადაც

$$\psi(M_1) = \sum_{a \mid M_1} \left(\frac{-1}{a} \right)^{s/2} a^{1-s/2},$$

$$B_2 = \frac{1}{6}, \quad B_4 = -\frac{1}{30}, \dots$$

(ბერნულის რიცხვები).

თეორემა 1.

$$\varphi_{00}^s(\tau; -1, 6) = \sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv 8 \pmod{24}}}^{\infty} p_s(M) Q^M$$

$$+ \frac{126}{135} \varphi_{00}^s(\tau; -1, 6) \varphi_{01}^4(\tau; -1, 6) - \frac{7}{135} \varphi_{01}^8(\tau; -1, 6). \quad (13)$$

დამტკიცება. ვთქვათ, $s = 8$, მაშინ $\lambda = 2$, $s' = 8 + 24 \cdot 7 = 176$. თუ ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს (12) იგივეობას, მას უნდა ჰქონდეს სახე

$$\vartheta_{00}^8(\tau; -1, 6) = \sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv 8 \pmod{24}}}^{\infty} \rho_8(M) Q^M + A_8^{(1)} \vartheta_{00}^4(\tau; -1, 6) \vartheta_{01}^4(\tau; -1, 6) + A_8^{(2)} \vartheta_{01}^8(\tau; -1, 6). \quad (14)$$

ვაჩვენოთ, რომ $A_8^{(1)}$ და $A_8^{(2)}$ მუდმივები ისეთნაირად შეიძლება შეირჩეს, რომ (14) იგივეობა სამართლიანი იქნება.

თუ ლემა 1-ში დაეუშვებთ $M \equiv 8 \pmod{24}$, მივიღებთ

$$\rho_8(M) = \frac{M^3}{32 \cdot 135} \sum_{d|M_1} d^{-3}, \quad (15)$$

საიდანაც

$$\begin{aligned} \rho_8(8) &= \frac{16}{135}, \quad \rho_8(32) = \frac{1024}{135}, \quad \rho_8(56) = \frac{5504}{135}, \quad \rho_8(80) = \frac{16128}{135}, \\ \rho_8(104) &= \frac{35168}{135}, \quad \rho_8(128) = \frac{65536}{135}, \quad \rho_8(152) = \frac{109760}{135}, \\ \rho_8(176) &= \frac{170496}{135}. \end{aligned}$$

მაშასადამე,

$$\begin{aligned} \sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv 8 \pmod{24}}}^{\infty} \rho_8(M) Q^M &= \frac{16}{135} Q^8 + \frac{1024}{135} Q^{32} + \frac{5504}{135} Q^{56} + \frac{16128}{135} Q^{80} \\ &+ \frac{35168}{135} Q^{104} + \frac{65536}{135} Q^{128} + \frac{109760}{135} Q^{152} + \frac{170496}{135} Q^{176} + \dots \quad (16) \end{aligned}$$

(1)-დან გამომდინარეობს

$$\vartheta_{00}(\tau; -1, 6) = \sum_{\substack{m=-\infty \\ m \equiv -1 \pmod{6}}}^{\infty} Q^{m^2} = Q(1 + Q^{2^4} + Q^{4^8} + Q^{120} + Q^{168} + \dots), \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \vartheta_{01}(\tau; -1, 6) &= \sum_{\substack{m=-\infty \\ m \equiv -1 \pmod{6}}}^{\infty} (-1)^{(m+1)/6} Q^{m^2} = Q(1 - Q^{2^4} - Q^{4^8} + Q^{120} \\ &+ Q^{168} + \dots). \quad (18) \end{aligned}$$

(17) და (18)-დან გამომდინარეობს

$$\begin{aligned} \vartheta_{00}^4(\tau; -1, 6) \vartheta_{01}^4(\tau; -1, 6) &= Q^8 - 4Q^{56} - 8Q^{80} + 2Q^{104} \\ &+ 32Q^{128} + 32Q^{152} - 16Q^{176} + \dots, \quad (19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vartheta_{01}^8(\tau; -1, 6) &= Q^8 - 8Q^{32} + 20Q^{56} - 70Q^{104} + 64Q^{128} \\ &+ 56Q^{152} - 125Q^{200} + \dots, \quad (20) \end{aligned}$$

$$\mathfrak{F}_8^*(\tau; -1, 6) = Q^8 + 8 Q^{32} + 36 Q^{56} + 112 Q^{80} + 266 Q^{104} + 512 Q^{128} + 840 Q^{152} + 1248 Q^{176} + \dots \quad (21)$$

(14)-ში $A_8^{(1)}$ და $A_8^{(2)}$ მუდმივები ისეთნაირად შევარჩიოთ, რომ (14)-ის ორივე მხარეში Q^8 და Q^{32} -თან მდგომი კოეფიციენტები დამთხვევს ერთმანეთს, ე. ი. ისეთნაირად, რომ ადგილი ჰქონდეს ტოლობებს

$$\frac{16}{135} + A_8^{(1)} + A_8^{(2)} = 1, \quad \frac{1024}{135} - 8 A_8^{(2)} = 8.$$

აქედან

$$A_8^{(1)} = \frac{126}{135}, \quad A_8^{(2)} = -\frac{7}{135}. \quad (22)$$

$A_8^{(1)}$ და $A_8^{(2)}$ -ის ნაპოვნი მნიშვნელობები ჩავსვათ (14) ტოლობის მარჯვენა ნაწილში და გამოვიყენოთ (21) ტოლობა. მაშინ მივიღებთ, რომ (14)-ის ორივე მხარეში Q -ს ერთნაირ ხარისხებთან მდგომი კოეფიციენტები ემთხვევიან ერთმანეთს Q^{176} ხარისხამდე ჩათვლით. ამით თეორემა 1 დამტკიცებულია.

ამ თეორემიდან გამომდინარეობს

თეორემა 2. ვთქვათ, $n \geq 0$, $M = 24n + 8$, $2^j \parallel 3n + 1$. მაშინ,

$$r_8(n) = \frac{M^3}{4320} \sum_{d|2^{-j}(3n+1)} d^{-3} + \frac{126}{135} \mu_8(M) - \frac{7}{135} \nu_8(M), \quad (23)$$

სადაც $\mu_8(M)$ და $\nu_8(M)$ -არიან Q^M -ის კოეფიციენტები

$$\mathfrak{F}_8^*(\tau; -1, 6) \mathfrak{F}_{81}^*(\tau; -1, 6)$$

და

$$\mathfrak{F}_{81}^*(\tau; -1, 6)$$

გაშლაში Q -ს ხარისხების მიხედვით.

დამტკიცება. რადგანაც $M = 24n + 8 = 8(3n + 1)$, ამიტომ $M_1 = 2^{-j}(3n + 1)$. მაშასადამე, დასამტკიცებელი გამომდინარეობს თეორემა 1-დან და (7), (8), (15)-დან.

§ 3. ლემა 2 ([2], თეორ. 11). ვთქვათ, s კენტია,

$$M \equiv s \pmod{24}, \quad M = u^2 v, \quad M_1 = \prod_{p|M, p \neq 6} p^j = u_1^2 v_1$$

(v და v_1 უკვადრატოა). მაშინ, თუ M კვადრატია და $s \equiv 1 \pmod{4}$

$$r_s(M) = \frac{2M^{s/2-1} |B_{(s-1)/2}| (s-1)!! \sum_{d^2|M_1} d^{s-2} \prod_{p|d} (1 - p^{(1-s)/2})}{2^{s-2} |B_{s-1}| \left(\frac{s-1}{2}\right)! 3^{s-1} u_1^{s-2} \prod_{p|6} (1 + p^{(1-s)/2})}. \quad (24)$$



თუ M არ არის კვადრატი, მაშინ

$$\rho_s(M) = \frac{2 M^{s/2-1} (s-1)!! L\left(\frac{s-1}{2}, \chi\right)}{2^{(3s-7)/2} 3^{s-1} \pi^{(s-1)/2} |B_{s-1}| u_1^{s-2}} \times$$

$$\times \frac{(1-\chi(2)) 2^{(1-s)/2} \sum_{d^2|M_1} d^{s-2} \prod_{p|d} (1-\chi(p) p^{(1-s)/2})}{\prod_{p|2(3,v)} (1-p^{1-s})(1+\chi(3) 3^{(1-s)/2})} \quad (25)$$

ლემა 3. თუ $v \equiv 1 \pmod{8}$, მაშინ

$$L(4, \chi) = -\frac{8}{45} \pi^4 v^{-7/2} \sum_{0 < h \leq 1/2 v} h^2 \left(\frac{h}{v}\right) (3v - 4h). \quad (26)$$

დამტკიცება. ცნობილია (იხ. მაგ., [1], თეორ. 146)

$$L(s, \chi) = \prod_p (1 - \chi(p) p^{-s})^{-1}, \quad \text{როცა } s > 1, \quad (27)$$

სადაც p გაირბენს ყველა მარტივ რიცხვს.

შემდეგ ცნობილია ([4], გვ. 298)

$$\sum_{u=1}^{\infty} \left(\frac{v}{u}\right) u^{-s} = -2 \pi^4 v^{-1/2} \sum_{0 < h \leq 1/2 v} \left(\frac{h}{v}\right) \left(\frac{1}{2^2} \frac{h^2}{v^2} - \frac{1}{3} \frac{h^3}{v^3}\right), \quad (28)$$

როცა $v > 1$, $v \equiv 1 \pmod{4}$.

დავუშვათ,

$$\chi(n) = \left(\frac{n}{v}\right).$$

(27) და (28)-ის ძალით გვაქვს

$$L(4, \chi) = \left(1 - \left(\frac{2}{v}\right) 2^{-4}\right)^{-1} \prod_{p>2} \left(1 - \left(\frac{p}{v}\right) p^{-4}\right)^{-1}$$

$$= \frac{16}{15} \prod_{p>2} \left(1 - \left(\frac{v}{p}\right) p^{-4}\right)^{-1} = \frac{16}{15} \sum_{u=1}^{\infty} \left(\frac{v}{u}\right) u^{-4}$$

$$= -\frac{8}{45} \pi^4 v^{-7/2} \sum_{0 < h \leq 1/2 v} h^2 \left(\frac{h}{v}\right) (3v - 4h).$$

ვთქვათ, $s = 9$, $\lambda = 2$, $s' = 9 + 24 \cdot 8 = 201$. თუ ამ შემთხვევაში აღ-
გილი აქვს (12) იგივეობას, მას უნდა ჰქონდეს სახე

$$\Phi_{00}^9(\tau; -1, 6) = \sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv 9 \pmod{24}}}^{\infty} \rho_9(M) Q^M$$

$$+ A_9^{(1)} \Phi_{00}^5(\tau; -1, 6) \Phi_{01}^4(\tau; -1, 6) + A_9^{(2)} \Phi_{00}^8(\tau; -1, 6) \Phi_{01}^2(\tau; -1, 6). \quad (29)$$

ვაჩვენოთ, რომ შეუძლებელია $A_9^{(1)}$ და $A_9^{(2)}$ მუდმივების ისეთნაირი შერჩევა, რომ (29)-ის ორივე მხარეში Q -ს ერთნაირ ხარისხებთან მდგომი კოეფიციენტები დაემთხვენენ ერთმანეთს Q^{201} ხარისხამდე ჩათვლით.

ლემა 2-ში დავუშვათ: $M = 9$, ე. ი. $u_1 = 1$. მაშინ (24)-ის ძალით მივიღებთ

$$p_9(9) = \frac{54}{697}. \quad (30)$$

ახლა ლემა 2-ში დავუშვათ: $M = 33$, ე. ი. $M_1 = 11$, $v = 33$, $u_1 = 1$. მაშინ (25) და (26)-ის ძალით მივიღებთ

$$p_9(33) = \frac{33^{7/2} \cdot 3^2 \cdot L(4, \chi)}{\pi^4 \cdot 2^3 \cdot 17 \cdot 41} = \frac{5076}{697}. \quad (31)$$

შემდეგ, თუ ავიღებთ $M = 57$, ე. ი. $M_1 = 19$, $v = 57$, $u_1 = 1$, (25) და (26)-ის ძალით მივიღებთ

$$p_9(57) = \frac{57^{7/2} \cdot 3^2 \cdot L(4, \chi)}{\pi^4 \cdot 2^3 \cdot 17 \cdot 41} = \frac{34404}{697}. \quad (32)$$

მაშასადამე,

$$\sum_{\substack{M=1 \\ M \equiv 9 \pmod{24}}}^{\infty} p_9(M) Q^M = \frac{54}{697} Q^9 + \frac{5076}{697} Q^{33} + \frac{34404}{697} Q^{57} + \dots \quad (33)$$

(17) და (19)–(21)-დან გამომდინარეობს

$$\mathfrak{F}_{00}^5(\tau; -1, 6) \mathfrak{F}_{01}^4(\tau; -1, 6) = Q^9 + Q^{33} - 3 Q^{57} + \dots, \quad (34)$$

$$\mathfrak{F}_{00}^6(\tau; -1, 6) \mathfrak{F}_{01}^3(\tau; -1, 6) = Q^9 - 7 Q^{33} + 13 Q^{57} + \dots, \quad (35)$$

$$\mathfrak{F}_{00}^9(\tau; -1, 6) = Q^9 + 9 Q^{33} + 45 Q^{57} + \dots \quad (36)$$

(29)-ში $A_9^{(1)}$ და $A_9^{(2)}$ მუდმივები ისეთნაირად შევარჩიოთ, რომ (29)-ის ორივე მხარეში Q^9 და Q^{33} -თან მდგომი კოეფიციენტები დაემთხვენენ ერთმანეთს, ე. ი. ისეთნაირად, რომ ადგილი ჰქონდეს ტოლობებს

$$\frac{54}{697} + A_9^{(1)} + A_9^{(2)} = 1, \quad \frac{5076}{697} + A_9^{(1)} - 7 A_9^{(2)} = 9.$$

აქედან

$$A_9^{(1)} = \frac{2849}{2788}, \quad A_9^{(2)} = -\frac{277}{2788}. \quad (37)$$

თუ (37) ფორმულების მიხედვით განვსაზღვრავთ $A_9^{(1)}$ და $A_9^{(2)}$ მუდმივებს, დავრწმუნდებით, რომ (29) ტოლობის მარჯვენა მხარეში Q^{57} -თან მდგომი კოეფიციენტი ტოლია

$$\frac{34404}{697} - \frac{3 \cdot 2849}{2788} - \frac{13 \cdot 277}{2788} = \frac{125468}{2788} \text{ -ისა.}$$

მეორე მხრივ, (36)-ის ძალით, (29) ტოლობის მარცხენა მხარეში Q^{57} -თან მდგომი კოეფიციენტი ტოლია

$$45 = \frac{125460}{2788} \neq \frac{125468}{2788} \text{-ისა.}$$

ნაშრომი შესრულებულია დოც. გ. ლომაძის ხელმძღვანელობით, რომელსაც გულწრფელ მადლობას მოვახსენებ მთელი რიგი მნიშვნელოვანი მითითებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.7.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. E. Landau. Vorlesungen über Zahlentheorie. B. 1, Leipzig, 1927.
2. H. Streefkerk. Over het aantal oplossingen der diophantische vergelijking

$$U = \sum_{i=1}^s (Ax_i^2 + Bx_i + c). \text{ Amsterdam, 1943.}$$

3. Г. А. Ломадзе. О представлении чисел суммами обобщенных полигональных чисел. Труды Тбилисского математического института им. А. М. Размадзе, XXII, 1956, 77—102.
4. გ. ლომაძე. რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ კვადრატთა კენტი რიცხვის ჯამების სახით ა. რაზმაძის სახ. თბილისის მათემატიკის ინსტ-ის შრომები, ტ. XVII, 1949, გვ. 298.

ე. ოზოლაშვილი

უმომენტო ელიფსური ბარის ერთი სასაზღვრო
ამოცანის შემსახებ

(წარმოდგინა აკადემიოსმა ი. ვეკუამ 22.7.1958)

1. განვიხილოთ გარსი, რომლის შუა ზედაპირი ელიფსოიდია

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{\tilde{z}^2}{c^2} = 1.$$

პარამეტრული სახით ეს განტოლება შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$$x = \frac{2ae^\alpha}{1+e^{2\alpha}} \cos \beta, \quad y = \frac{2be^\alpha}{1+e^{2\alpha}} \sin \beta, \quad \tilde{z} = \frac{c(1-e^{2\alpha})}{1+e^{2\alpha}}, \quad (1)$$

სადაც

$$\alpha = \ln \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2}, \quad \beta = \varphi, \quad (2)$$

Θ და φ ზედაპირის წერტილის გეოგრაფიული კოორდინატებია. ცხადია, წირები $\alpha = \text{const}$ და $\beta = \text{const}$ ელიფსოიდის ზედაპირზე, შესაბამისად, პარალელებსა და მერიდიანებს წარმოადგენენ. აღებულ სისტემაში ზედაპირის პირველ და მეორე კვადრატულ ფორმას შემდეგი სახე აქვს:

$$I = ds^2 = E d\alpha^2 + 2F d\alpha d\beta + G d\beta^2,$$

$$II = d\sigma^2 = D(d\alpha^2 + d\beta^2),$$

სადაც

$$E = \frac{4e^{2\alpha}}{(1+e^{2\alpha})^4} [(1-e^{2\alpha})^2 (a^2 \cos^2 \beta + b^2 \sin^2 \beta) + 4c^2 e^{2\alpha}],$$

$$G = \frac{4e^{2\alpha}}{(1+e^{2\alpha})^2} (a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta),$$

$$F = \frac{4(b^2 - a^2)e^{2\alpha}(1-e^{2\alpha})}{(1+e^{2\alpha})^3} \cos \beta \sin \beta,$$

$$D = - \frac{4abc e^{2\alpha}}{(1+e^{2\alpha}) \sqrt{(1-e^{2\alpha})^2 a^2 b^2 + 4c^2 e^{2\alpha} (a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta)}}$$

ე. ი. (α , β) იზოთერმულად შეუღლებულ მრუდწიროვან სისტემას წარმოადგენს.

პირველი კვადრატული ფორმის დისკრიმინანტი იქნება

$$A = \frac{16e^{4\alpha}}{(1+e^{2\alpha})^6} [(1-e^{2\alpha})^2 a^2 b^2 + 4c^2 e^{2\alpha} (a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta)]. \quad (4)$$

უმომენტო ელიფსური გარსის წონასწორობის განტოლებათა სისტემა (α , β) სისტემის მიმართ შეიძლება შემდეგი სახით ჩაიწეროს [1]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{I}{VA} \left(\frac{\partial \sqrt{A} T^{11}}{\partial \alpha} + \frac{\partial \sqrt{A} T^{12}}{\partial \beta} \right) + I^1_{11} T^{11} + I^1_{22} T^{22} &= X^1, \\ \frac{I}{VA} \left(\frac{\partial \sqrt{A} T^{12}}{\partial \alpha} + \frac{\partial \sqrt{A} T^{22}}{\partial \beta} \right) + I^2_{11} T^{11} + 2I^2_{12} T^{12} + I^2_{22} T^{22} &= X^2, \\ D(T^{11} + T^{22}) &= Z, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

სადაც $I^1_{11}, I^1_{22}, I^2_{11}, I^2_{12}, I^2_{22}, I^1_{12} = 0$ ქრისტოფელის სიმბოლოებია ელიფსოიდის ზედაპირზე;

$$\left. \begin{aligned} T^{11} &= \frac{I}{E} T_1, \quad T^{22} = \frac{I}{G} T_2, \quad T^{12} = \frac{I}{VEG} S, \\ X^1 &= \frac{I}{VE} X, \quad X^2 = \frac{I}{VG} Y, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

T_1, T_2, S ძაბვის ნორმალური და მხები მდგენელებია α და β -ს გასწვრივ; X, Y, Z —გარე ძალთა კომპონენტები α, β და n -ის გასწვრივ (n ზედაპირის ნორმალია).

(5) სისტემის მესამე განტოლებიდან განვსაზღვროთ T^{22} .

$$T^{22} = -T^{11} + \frac{Z}{D}. \quad (7)$$

თუ ვისარგებლებთ (3) ტოლობებით, ადვილად მივიღებთ, რომ DVA არ არის დამოკიდებული β -საგან და

$$I^1_{11} - I^1_{22} = 2I^2_{12} = \frac{I}{2} \frac{\partial \ln |D| \sqrt{A}}{\partial \alpha}. \quad (8)$$

თუ გავითვალისწინებთ (7) და (8) ტოლობებს, (5) სისტემა შეიძლება შემდეგი სახით ჩაიწეროს:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \alpha} (\sqrt{AV\bar{A}|D|} T^{11}) + \frac{\partial}{\partial \beta} (\sqrt{AV\bar{A}|D|} T^{12}) &= \\ &= \sqrt{AV\bar{A}|D|} \left(X^1 - I^1_{22} \frac{Z}{D} \right), \\ \frac{\partial}{\partial \alpha} (\sqrt{AV\bar{A}|D|} T^{12}) - \frac{\partial}{\partial \beta} (\sqrt{AV\bar{A}|D|} T^{11}) &= \\ &= \sqrt{AV\bar{A}|D|} \left(X^2 - I^2_{22} \frac{Z}{D} - \frac{\partial \sqrt{A}}{\partial \alpha} \frac{Z}{D} \right); \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

განვიხილოთ კომპლექსური ცვლადი $z = \alpha + i\beta$ და კომპლექსური ფუნქცია

$$V = \sqrt{AV\bar{A}|D|} (T^{11} - iT^{12}); \quad (10)$$

(9) სისტემის მეორე განტოლება გავამრავლოთ i -ზე და გამოვაკლოთ პირველს, მივიღებთ განტოლებას V -თვის

$$\frac{\partial V}{\partial \bar{z}} = F(z, \bar{z}), \quad (11)$$

სადაც

$$F(z, \bar{z}) = \frac{1}{2} \sqrt{AV\bar{A}|D|} \left[X^1 - iX^2 - (I_{22}^1 - iI_{22}^2) \frac{Z}{D} + i \frac{\partial V \bar{A}}{\partial \beta} \frac{Z}{D} \right], \quad (12)$$

მაშასადამე, უმომენტო ელიფსური განტოლების წონასწორობის განტოლებათა სისტემის ამოხსნა მიიყვანება კოში-რიმანის არაერთგვაროვან განტოლებათა სისტემის ამოხსნაზე [2, 3].

ანალოგიური გზით შეიძლება მიღებულ იქნეს, რომ საერთოდ დადებით სიმრუდიანი ყოველი ზედაპირისათვის (პარაბოლოიდი, ორკალთა ჰიპერბოლოიდი) უმომენტო წონასწორობის განტოლებათა სისტემა კოში-რიმანის განტოლებათა სისტემაზე მიიყვანება.

(10) განტოლების ამოხსნას აქვს სახე

$$V = V_0 + \Psi(z), \quad (13)$$

სადაც V_0 კერძო ამოხსნაა (11) განტოლებისა, $\Psi(z)$ — კომპლექსური ცვლადის ნებისმიერი ანალიზური ფუნქცია.

(1)-დან გამომდინარეობს, რომ ელიფსოიდის ზედაპირს z კომპლექსური ცვლადის სიბრტყეზე უსასრულო ზოლი $-\infty < \alpha < \infty$, $-\pi < \beta < \pi$ შეესაბამება, ნაგრამ ეს შესაბამისობა არ არის ცალსახა. $\beta = \pi$ და $\beta = -\pi$ სწორებს ელიფსოიდის ზედაპირზე ერთი და იგივე მერიდიანი შეესაბამება. მოვახდინოთ დამოუკიდებელი ცვლადების შეცვლა.

$$\zeta = \xi + i\eta = e^z = e^\alpha (\cos \beta + i \sin \beta).$$

ადვილად მივიღებთ, რომ $(a\xi, b\eta)$ წარმოადგენს სამხრეთ პოლუსიდან ეკვატორიალურ სიბრტყეზე ელიფსოიდის ზედაპირის სტერეოგრაფიული პროექციის კოორდინატებს.

ელიფსოიდის ზედაპირისა და ζ კომპლექსური ცვლადის სიბრტყის წერტილებს შორის ურთიერთცალსახა შესაბამისობაა. აღვნიშნოთ $\Psi(\ln \zeta) = \Phi(\zeta)$. (3), (4), (7) და (10) ტოლობების ძალით მივიღებთ

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{E}{\sqrt{AV\bar{A}|D|}} R_e [V_0 + \Phi(\zeta)], \\ T_2 &= - \frac{G}{\sqrt{AV\bar{A}|D|}} R_e [V_0 + \Phi(\zeta)] + \frac{G}{D} Z, \end{aligned} \quad (15)$$

$$S = - \frac{VEG}{\sqrt{AV\bar{A}|D|}} I_m [V_0 + \Phi(\zeta)]; \quad (15)$$

წირთა ბადე $\xi = \text{const}$ და $\eta = \text{const}$ მრუდწიროვან სისტემად თავიდანვე არ ავიღებთ შემდეგი მიზეზის გამო: წირთა ოჯახს $\xi = \text{const}$, $\eta = \text{const}$ არ ეკუთვნის პარალელები $\Theta = \text{const}$. ამიტომ საზღვარს თუ პარალელები წარმოადგენენ, მაშინ საზღვარზე ძაბვები (ξ , η) სისტემაში (5) ფორმულებით არ გამოითვლება, საჭირო იქნებოდა გარდაქმნის ფორმულებით სარგებლობა, რაც სასაზღვრო პირობების გართულებას გამოიწვევდა.

2. ეთქვათ, გარსის შუა ზედაპირს წარმოადგენს ელიფსოიდური სარტყელი საზღვრებით: $\Theta = \Theta_0$ და $\Theta = \Theta_1$. რადგანაც $\xi^2 + \eta^2 = \text{tg}^2 \frac{\Theta}{2}$, ცხადია, ელიფსოიდურ სარტყელს $0 < \Theta_0 \leq \Theta \leq \Theta_1 < \pi$ ურთიერთცალსახად შეესაბამება ζ კომპლექსური ცვლადის სიბრტყეში წრიული რგოლი: $\text{tg} \frac{\Theta_0}{2} < |\zeta| < \text{tg} \frac{\Theta_1}{2}$.

განვიხილოთ შემდეგი სასაზღვრო ამოცანა.

განესაზღვროთ გარსის დაძაბულობის მდგომარეობა შემდეგი სასაზღვრო პირობებით:

$$\left. \begin{aligned} S &= 0, & u &= 0, & \text{როცა } \Theta &= \Theta_0, \\ T_1 &= 0, & v &= 0, & \text{როცა } \Theta &= \Theta_1, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

სადაც u და v გადაადგილებების კომპონენტებია α და β გასწვრივ. (16) პირობები გამოხატავს შემდეგს: $\Theta = \Theta_0$ საზღვარზე საყრდენი არ განიცდის რეაქციას სასაზღვრო კონტურის მხების მიმართულებით და გამორიცხავს გადაადგილებას საზღვრის ნორმალის მიმართულებით; $\Theta = \Theta_1$ საზღვარზე — პირუკუ.

ასეთი ამოცანები შესწავლილი იყო ა. გოლდენვეიზერის მიერ სტერული სეგმენტისათვის [4].

ჩვენი მიზანია განესაზღვროთ გარსის დაძაბულობის მდგომარეობა, ამიტომ მხოლოდ სტატიკურ პირობებს განვიხილავთ:

$$\left. \begin{aligned} S &= 0, & \text{როცა } \Theta &= \Theta_0, \\ T_1 &= 0, & \text{როცა } \Theta &= \Theta_1. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

წრეწირი რადიუსით $r_1 = \text{tg} \frac{\Theta_1}{2}$ ალენიშნით L_1 -ით, $r_2 = \text{tg} \frac{\Theta_0}{2}$ კი — L_2 -ით. მათ შორის მოთავსებული არე — D -თი; $L = L_1 + L_2$. (15)-ის გამოყენებით (17) ამოცანა მიიყვანება შემდეგ სასაზღვრო ამოცანაზე.

განესაზღვროთ D წრიულ რგოლში პოლომორფული ფუნქცია, რომელიც უწყვეტია $D+L$ -ში და აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს

$$\left. \begin{aligned} R_e[\Phi(t)] &= -R_e[V_0] \equiv f_1(t), & t &\in L_1, \\ I_m[\Phi(\tau)] &= -I_m[V_0] \equiv f_2(\tau), & \tau &\in L_2. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

ეს ამოცანა მრავლადმული არისათვის რიმან-ჰილბერტის ამოცანას წარმოადგენს. ი. ვეკუასა [1] და დ. კვესელავას [5] შრომებიდან გამომდინარეობს, რომ (18) ამოცანის ამოხსნა არსებობს და ის ერთადერთია.

ვთქვათ, D_1 სასრულო არეა, შემოსაზღვრული L_1 -ით, D_2 —უსასრულო არე, შემოსაზღვრული L_2 -ით. საძიებელი ფუნქცია $\Phi(\zeta)$ წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$\Phi(\zeta) = \Phi_1(\zeta) + \Phi_2(\zeta),$$

სადაც $\Phi_1(\zeta)$ და $\Phi_2(\zeta)$ ჰოლომორფული ფუნქციებია, შესაბამისად, D_1 და D_2 -ში, $\Phi_2(\infty) = 0$. $\Phi_1(\zeta)$ და $\Phi_2(\zeta)$ -თვის ვისარგებლოთ ი. ვეკუას ინტეგრალური წარმოდგენებით [7]:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1(\zeta) &= \int_{L_1} \frac{t\mu_1(t) ds}{t-\zeta} + iC, & \zeta \in D_1, \\ \Phi_2(\zeta) &= \int_{L_2} \frac{\tau\mu_2(\tau)}{\tau-\zeta}, & \zeta \in D_2, \\ \int_{L_2} \mu_2(\tau) ds &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

სადაც $\mu_1(t)$ და $\mu_2(\tau)$ ნამდვილი ფუნქციებია, რომლებიც ჰელდერის პირობებს აკმაყოფილებენ, შესაბამისად, L_1 და L_2 -ზე, C -უცნობი ნამდვილი მუდმივი. $\mu_1(t)$, C და $\mu_2(\tau)$ ცალსახად განისაზღვრებიან, შესაბამისად, $\Phi_1(\zeta)$ და $\Phi_2(\zeta)$ -ს საშუალებით. L_1 და L_2 -ზე დადებით მიმართულებად საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებას ვღებულობთ.

პლემელის ფორმულებისა და (19) ტოლობების გამოყენებით (18) ამოცანა მიიყვანება შემდეგ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემაზე:

$$\left. \begin{aligned} \pi r_1 \mu_1(t_0) + \frac{1}{2} \int_{L_1} \mu_1(t) ds + \int_{L_2} R_0 \left[\frac{\tau}{\tau-t_0} \right] \mu_2(\tau) ds &= f_1(t_0), \\ -\frac{1}{2} \int_{L_2} \mu_2(\tau) \operatorname{ctg} \frac{\varphi-\varphi_0}{2} ds + \int_{L_1} I_m \left[\frac{t}{t-\tau_0} \right] \mu_1(t) ds &= f_2(\tau_0) - C. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

(20) სისტემას აქვს ერთადერთი ამოხსნა ნებისმიერი $f_1(t)$ და $f_2(\tau)$ -თვის. მართლაც, დავუშვათ წინააღმდეგი, ე. ი. ვთქვათ, $f_1(t) \equiv f_2(\tau) \equiv 0$ და $\mu_2(\tau) \not\equiv 0$, $C \not\equiv 0$. მაშინ ფუნქცია $\Phi(\zeta)$ (17) სასაზღვრო ამოცანის შესაბამის ერთგვაროვან სასაზღვრო პირობებს დააკმაყოფილებს, ე. ი. $\Phi(\zeta) \equiv 0$; აქედან $\Phi_1(\zeta) = -\Phi_2(\zeta)$, როცა $\zeta \in D$. განვიხილოთ ფუნქცია

$$\Phi^*(\zeta) = \begin{cases} \Phi_1(\zeta), & \zeta \in D_1, \\ -\Phi_2(\zeta), & \zeta \in D_2. \end{cases}$$

შვარცის ლემის თანახმად, ფუნქცია — $\Phi_2(\zeta)$, D_1 არის გარეთ $\Phi_1(\zeta)$ ფუნქციის ანალიზური გაგრძელება. ამიტომ $\Phi^*(\zeta)$, რომელიც უსასრულობაში ისპობა, ζ კომპლექსური ცვლადის მთელ სიბრტყეში ანალიზური ფუნქცია იქნება. ლიუვილის თეორემის ძალით, $\Phi^*(\zeta) \equiv 0$, ე. ი. $\Phi_1(\zeta) = \Phi_2(\zeta) \equiv 0$. აქედან გამომდინარეობს, რომ $\mu_1(t) = \mu_2(\tau) = C \equiv 0$. ამით ერთადერთობა დამტკიცებულია.

(20)-ის პირველი განტოლება $\mu_1(t)$ -ს მიმართ ფრედჰოლმის მეორე გვარის განტოლებას წარმოადგენს. მისი (ერთადერთი) ამოხსნა მოიცემა ფორმულით

$$\mu_1(t_0) = F(t_0) - \frac{1}{\pi r_1} \int_{L_2} R_* \left[\frac{\tau}{\tau - t_0} \right] \mu_2(\tau) ds, \quad (21)$$

სადაც

$$F(t_0) = \frac{1}{\pi r_1} f_1(t_0) - \frac{1}{4\pi^2 r_1^2} \int_{L_1} f_1(t) ds. \quad (22)$$

(20)-ის მეორე განტოლებაში შევიტანოთ (21), $\mu_2(\tau)$ -თვის მივიღებთ პირველი გვარის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებას

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \mu_2(\tau) \operatorname{ctg} \frac{\varphi - \varphi_0}{2} d\varphi + \frac{1}{\pi r_2} \int_{L_2} \mu_2(\tau) I_m \left[\frac{\tau \bar{\tau}_0}{r_1^2 - \tau \bar{\tau}_0} \right] ds = \Omega(\tau_0) + \frac{C}{\pi r_2}, \quad (23)$$

სადაც

$$\Omega(\tau_0) = - \frac{1}{\pi r_2} f_2(\tau_0) + \frac{1}{\pi^2 r_2 r_1} \int_{L_1} I_m \left[\frac{t}{t - \tau_0} \right] f_1(t) ds. \quad (24)$$

(23)-ის შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას აქვს მხოლოდ ნულოვანი ამოხსნა.

ადვილად შევამოწმებთ, რომ

$$\int_{L_2} I_m \left[\frac{1}{r_1^2 - \tau \bar{\tau}_0} \right] ds_{\tau_0} = 0,$$

მაშინ (23) განტოლების ამოხსნის არსებობის პირობიდან C შემდეგი ტოლობით განისაზღვრება:

$$C = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f_2(\tau) d\varphi. \quad (25)$$

პილბერტის შებრუნების ფორმულების [6] გამოყენებით (23) განტოლება მიიყვანება ფრედჰოლმის ექვივალენტურ განტოლებაზე:

$$\mu_2(\tau_0) + \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \mu_2(\tau) R_e \left[\frac{\tau \bar{\tau}_0}{r_1^2 - \tau \bar{\tau}_0} \right] d\varphi = Q(\tau_0), \quad (26)$$

სადაც

$$Q(\tau_0) = \frac{1}{2\pi^2 r_2} \int_0^{2\pi} f_2(\tau) \operatorname{ctg} \frac{\varphi - \varphi_0}{2} d\varphi + \frac{2}{\pi r_2} \int_0^{2\pi} f_1(t) R_e \left[\frac{\tau_0}{t - \tau_0} \right] dst. \quad (27)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც ელიფსოიდური სარტყელი არ არის ძლიერ ვიწრო, მაგალითად, როდესაც $\frac{r_2}{r_1} \leq \frac{1}{\sqrt{3}}$, (26) განტოლება შეიძლება ამოიხსნას მიმდევრობითი მიახლოების მეთოდით.

ზოგიერთ კერძო შემთხვევაში შეიძლება მისი ზუსტად ამოხსნა.

1. ვთქვათ, გარსზე მოქმედებს შემდეგი სახის ზედაპირული ძალები:

$$X = \frac{2\sqrt{EK}}{\sqrt{AV\bar{A}|D|}} e^{n\alpha} \cos n\beta,$$

$$Y = \frac{2\sqrt{GK}}{\sqrt{AV\bar{A}|D|}} e^{n\alpha} \sin n\beta, \quad Z = 0,$$

სადაც $n \neq 0$ ნებისმიერი მთელი რიცხვია, K —მუდმივი.

თუ გავითვალისწინებთ შემდეგ ტოლობებს:

$$\int_{L_1} I_m \left[\frac{t}{t - \tau_0} \right] \cos n\varphi ds = \frac{\pi r_2^n}{r_1^{n-1}} \sin n\varphi_0,$$

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin n\varphi \cdot \operatorname{ctg} \frac{\varphi - \varphi_0}{2} d\varphi = \cos n\varphi_0,$$

$$\int_0^{2\pi} \cos n\varphi \cdot R_e \left[\frac{\tau \bar{\tau}}{r_1^2 - \tau \bar{\tau}_0} \right] d\varphi = \pi \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^{2n} \cos n\varphi_0,$$

ადვილად მივიღებთ

$$\Phi_1(\zeta) = -\frac{K}{n} \frac{r_1^{2n} - r_2^{2n}}{r_1^{2n} + r_2^{2n}} \zeta^n,$$

$$\Phi_2(\zeta) = -\frac{2K}{n} \frac{r_1^{2n} \cdot r_2^{2n}}{r_1^{2n} + r_2^{2n}} \frac{1}{\zeta^n}.$$

მაშასადამე, ძაბვის კომპონენტები შემდეგი ფორმულებით განისაზღვრება:

$$T_1 = \frac{EK}{n\sqrt{AV\bar{A}|D|}} \frac{2r_2^{2n}}{r_1^{2n} + r_2^{2n}} R_e [\zeta^n - r_1^{2n} \zeta^{-n}],$$

$$T^2 = - \frac{GK}{n\sqrt{AV\bar{A}|D|}} \frac{2r_2^{2n}}{r_1^{2n} + r_2^{2n}} R_e [\zeta^n - r_1^{2n} \zeta^{-n}],$$

$$S = \frac{\sqrt{EGK}}{n\sqrt{AV\bar{A}|D|}} \frac{2r_1^{2n}}{r_1^{2n} + r_2^{2n}} I_m [\zeta^n + r_2^{2n} \zeta^{-n}].$$

ადვილად შემოწმდება, რომ მისი მართლაც (17) სასაზღვრო პირობებს აკმაყოფილებენ.

2. ვთქვათ, გვაქვს ბრუნვითი ელიფსოიდური გარსი, ე. ო. $a = b$, რომელზედაც მოქმედებს მუდმივი ჰიდროსტატიკური წნევა

$$X = Y = 0, \quad Z = q = \text{const.}$$

(11), (12), (18), (19), (22), (24) ტოლობებიდან მივიღებთ

$$\Phi_1(\zeta) = - \frac{2a^2 q r_1}{\sqrt{C}(1+r_1^2)}, \quad \Phi_2(\zeta) = 0.$$

მაშინ ძაბვის კომპონენტები განისაზღვრება ტოლობებით

$$T_1 = \frac{E}{\sqrt{AV\bar{A}|D|}} \frac{2a^2 q}{\sqrt{C}} \left(\frac{\sqrt{\zeta\bar{\zeta}}}{1+\zeta\bar{\zeta}} - \frac{r_1}{1+r_1^2} \right),$$

$$T_2 = - \frac{G}{\sqrt{AV\bar{A}|D|}} \frac{2a^2 q}{\sqrt{C}} \left(\frac{\sqrt{\zeta\bar{\zeta}}}{1+\zeta\bar{\zeta}} - \frac{r_1}{1+r_1^2} \right) + \frac{q}{D}, \quad S = 0,$$

რომლებიც (17) სასაზღვრო პირობებს აკმაყოფილებენ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 24.8.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Н. Векуа. Система дифференциальных уравнений нового порядка эллиптического типа и граничные задачи с применением к теории оболочек. Математический сборник, т. 31 (73): 2, 1952.
2. В. З. Власов. Расчет оболочек, очерченных по поверхностям второго порядка. Сборник ЦНИПС-а „Пластинки и оболочки“. Госстройиздат, 1939.
3. В. В. Соколовский. Уравнения равновесия безмоментных оболочек. ПММ, т. VII, вып. 1, 1943.
4. А. Л. Гольденвейзер. Теория упругих тонких оболочек. Гостехиздат, 1953.
5. Д. А. Квеселова. Задача Римана-Гильберта для многосвязной области. Сообщения АН СССР, т. VI, 8, 1945.
6. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. Гостехиздат, 1946.
7. И. Н. Векуа. Новые методы решения эллиптических уравнений. Гостехиздат, 1948.



ღრმაკადობის თეორია

3. კუზრამი

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

არაპერტუბარკობანი ღრმაკადი ტანების სასაზღვრო ამოცანების
თეორიისათვის

ფიზიკალურების ძირითადი თეორიები

[1]-ში ნაჩვენებია იყო, რომ, თუ I ამოცანას აქვს ამოხსნა B კლასში (ე. ი. ისეთ ვექტორთა კლასში, რომელთათვისაც ადგილი აქვს ბეტის ფორმულას), მაშინ იგი იქნება აგრეთვე ამოხსნა შენდები სისტემისა:

$$\mu_i u(P) = Lu(P) + \mu_a F, \quad P \in B_i; \tag{1}$$

$$\mu_a u(P) = L'u(P) + \mu_a E, \quad P \in B_a. \tag{2}$$

აქ

$$Lu(P) = \frac{\omega^2}{4\pi} \iiint_{B_i} u(Q) [(\mu_a - \mu_i) \Gamma_{(a)}(P, Q) - \mu_a \tau \Gamma_{(a)}^{(n)}(P, Q)] d\tau_Q - \\ - \frac{\mu_a \tau}{4\pi} \iiint_{B_a} u(Q) \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r(P, Q)} d\tau_Q + \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i(Q) T^* \Gamma_*(P, Q) ds_Q,$$

$$L'u(P) = \frac{\omega^2}{4\pi} \iiint_{B_i} u(Q) [(\mu_a - \mu_i) \Gamma_{(a)}(P, Q) - \mu_a \tau_1 \Gamma_{(a)}^{(n)}(P, Q)] d\tau_Q + \\ + \frac{\mu_a \tau_1}{4\pi} \iiint_{B_i} u(Q) \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r(P, Q)} d\tau_Q + \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i(Q) T^* \Gamma_{(a)}(P, Q) ds_Q, \\ \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r}$$

აღნიშნავს მატრიცს, რომელიც შედგენილია ვექტორებისაგან

$$\frac{\partial}{\partial \xi_k} \text{grad} \frac{1}{r}, \quad k = 1, 2, 3.$$

სხვა აღნიშვნები განმარტებულია [1]-ში.

ქვემოთ მტკიცდება შებრუნებული დებულება: (1), (2) სისტემის ამოხსნა B კლასისა არის ამოხსნა I ამოცანისა.

განვიხილოთ სისტემა

$$\mu_i u(P) = Lu(P) + \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i - u_a) T^a \Gamma_*(P, Q) ds_Q + \\ + \mu_a F(P; P_0); \quad P \in B_i; \tag{1'}$$

$$\begin{aligned} \mu_a u(P) = L'u(P) + \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i - u_a) T^a \Gamma_{(a)}(P, Q) ds_Q + \\ + \mu_a E(P; P_0); \quad P \in B_a; \end{aligned} \quad (2')$$

იყოს $u(P)$ ამ სისტემის ამოხსნა B კლასიდან; (2')-ის ორთავე მხარეზე შევასრულოთ ოპერაცია $(\Delta_{(a)}^* + \omega^2)$; რადგან წერტილი $P \in B_a$, გაწარმოება ინტეგრალების ნიშნის ქვეშ შესრულდება და, თუ გავითვალისწინებთ, რომ

$$\begin{aligned} \Delta_{(a)}^* \Gamma_{(a)} + \omega^2 \Gamma_{(a)} = 0, \quad \Delta_{(a)}^* \Gamma_{(a)}^{(n)} + \omega^2 \Gamma_{(a)}^{(n)} = \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r}, \quad \Delta_{(a)}^* E + \omega^2 E = 0, \\ (\Delta_{(a)}^* + \omega^2) \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r} = \omega^2 \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r}; \quad (\Delta_{(a)}^* + \omega^2) (T^a \Gamma_{(a)}) = \\ = (\Delta_{(a)}^* + \omega^2) (T^i \Gamma_{(a)}) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

მივიღებთ

$$\Delta_{(a)}^* u(P) + \omega^2 u(P) = 0, \quad P \in B_a. \quad (4)$$

ვთქვათ ახლა წერტილი $P \in B_i$. გამოვიყენოთ ბეტის ფორმულა $\Delta_{(i)}^*$ ოპერატორით B_i არეში ვექტორებზე $u(Q)$ და

$$\Gamma_*^k(P, Q) = \Gamma_{(a)}^k - \tau \Gamma_{(a)}^{k(n)},$$

$k = 1, 2, 3$; მივიღებთ

$$\begin{aligned} \mu_i u(P) = \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S [\Gamma_*^k(P, Q) (T^i u)_i - u_i(Q) T^i \Gamma_*^k(P, Q)] ds_Q - \\ - \frac{\mu_i \omega^2}{4\pi} \iint_{B_i} u(Q) \Gamma_{(a)} d\tau_Q - \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_{B_i} \Gamma_*^k \Delta_{(i)}^* u(Q) d\tau_Q; \end{aligned} \quad (5)$$

კვლავ გამოვიყენოთ ბეტის ფორმულა, ამჯერად B_a არეში, ვექტორებზე

$$D(Q) = u(Q) - E(Q; P_0) \quad \text{და} \quad \Gamma_*^k(P, Q), \quad k = 1, 2, 3,$$

$\Delta_{(a)}^*$ ოპერატორით; მივიღებთ

$$\begin{aligned} 0 = \tau \iiint_{B_a} D(Q) \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r} d\tau_Q - \iint_S [D_a(Q) (T^a \Gamma_*) - \\ - \Gamma_*(P, Q) (T^a D)_a] ds_Q; \end{aligned} \quad (6)$$

ამ ფორმულაში დადებითი ნორმალის მიმართულია B_i -დან B_a -ში.

თუ (6)-ს $\frac{\mu_a}{4\pi}$ -ზე გავამრავლებთ და (1')-თან შევკრებთ, მაშინ ელემენტარული გამარტივებების შემდეგ ვექნება

$$\begin{aligned} \mu_i u(P) = \frac{\omega^2}{4\pi} \iiint_{B_i} u (\mu_a \Gamma_*^k - \mu_i \Gamma_{(a)}) d\tau_Q + \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i T^* \Gamma_*^k ds_Q + \\ + \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i - u_a) T^a \Gamma_*^k ds_Q - \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S [u_a (T^a \Gamma_*) - \Gamma_*(T^a u)_a] ds_Q. \end{aligned} \quad (7)$$

დასასრულ, შევადგინოთ (7) და (5) ტოლობათა სხვაობა; მცირედი გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ

$$0 = \frac{\mu_i}{\mu_a} \iint_S (u_i - u_a) T^a \Gamma_* ds_Q + \iint_S \Gamma_* [(T^a u)_a - (T^i u)_i] ds_Q + \iiint_{B_i} \Gamma_* (\Delta_{(i)}^* u + \omega^2 u) d\tau_Q; \quad (8)$$

რადგან

$$\Gamma_* = \Gamma_{(a)} - \tau \Gamma_{(a)}^{(n)}$$

და

$$\Gamma_{(a)} = \Gamma_{(a)}^{(n)} + \Gamma_{(a)}^{(c)}, \quad \text{rot } \Gamma_{(a)}^{(n)} = \text{div } \Gamma_{(a)}^{(c)} = 0,$$

მე-(8) ტოლობა შემდეგ ორ ტოლობად დაიშლება:

$$H^{(0)} u(P) = \tau H^{(n)} u(P), \quad (9)$$

$$H^{(c)} u(P) = (\tau - 1) H^{(n)} u(P), \quad (10)$$

სადაც

$$H^{(0)} u(P) \equiv \iiint_{B_i} \Gamma_{(a)} (\Delta_{(i)}^* u + \omega^2 u) d\tau_Q + \frac{\mu_i}{\mu_a} \iint_S (u_i - u_a) T^a \Gamma_{(a)} ds_Q + \iint_S \Gamma_{(a)} [(T^a u)_a - (T^i u)_i] ds_Q, \quad (11)$$

ხოლო $H^{(n)} u(P)$ და $H^{(c)} u(P)$ მიიღება $H^{(0)} u(P)$ -დან, სათანადოდ, $\Gamma_{(a)}$ -ს შეცვლით: $\Gamma_{(a)}^{(n)}$ -ით და $\Gamma_{(a)}^{(c)}$ -ით.

შეიძლება შემოწმდეს, რომ (10)-ის მარცხენა მხარე სოლენოიდური ვექტორია, მარჯვენა კი — პოტენციალური; ამიტომ, თუ $\varphi(P)$ -თი აღვნიშნავთ მათ საერთო მნიშვნელობას, გვექნება

$$\text{div } \varphi(P) = \text{rot } \varphi(P) = \Delta \varphi(P) = 0; \quad (12)$$

გარდა ამისა, (9)-დან და (10)-დან ვღებულობთ

$$H^{(0)} u(P) = \frac{\tau}{\tau - 1} \varphi(P) \quad (13)$$

$$P \in B_i.$$

იყოს ახლა $P \in B_a$; ბეტის ფორმულა $\Delta_{(i)}^*$ ოპერატორით გამოყენებული B_i არეში ვექტორებზე $u(Q)$ და $\Gamma_{(a)}^k$, $k = 1, 2, 3$, გვაძლევს

$$\begin{aligned} & \mu_i \omega^2 \iiint_{B_i} u \Gamma_{(a)} d\tau_Q - \mu_a \tau_1 \iiint_{B_i} u \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad } \frac{e^{ik_1 r}}{r} d\tau_Q + \mu_a \iiint_{B_i} \Gamma_{(a)} \Delta_{(i)}^* u d\tau_Q + \\ & + \mu_a \iint_S [u_i T^i \Gamma_{(a)} - \Gamma_{(a)} (T^i u)_i] ds_Q = 0; \end{aligned} \quad (14)$$

$$\tau_1 = \frac{\lambda_i \mu_a - \lambda_a \mu_i}{\mu_a (\lambda_a + 2 \mu_a)}, \quad k_1^2 = \frac{\omega^2}{\lambda_a + 2 \mu_a}.$$

და ბოლოს, კიდევ ერთხელ გამოყენებული ბეტის ფორმულა $\Delta_{(a)}^*$ ოპერატორით B_a არეში ვექტორებისათვის $D(P)$ და $\Gamma^k(P, Q)$, $k = 1, 2, 3$, მოგვცემს

$$u(P) = \frac{1}{4\pi} \iint_S [u_a T^a \Gamma_{(a)} - \Gamma_{(a)} (T^a u)_a] dS_Q + E; \quad (15)$$

დადებითი ნორმალის აქ მიმართულია B_i -დან B_a -ში.

შევადგინოთ (2')-ისა და (15)-ის სხვაობა; ელემენტარული გამარტივების შემდეგ გვექნება

$$0 = \left(1 - \frac{\mu_i}{\mu_a}\right) \omega^2 \iiint_{B_i} u \Gamma_{(a)} d\tau_Q + \tau_1 \iiint_{B_i} u \left(\frac{\partial}{\partial \xi} \operatorname{grad} \frac{1}{r} - \omega^2 \Gamma_{(a)}^{(n)} \right) d\tau_Q +$$

$$+ \frac{\mu_i}{\mu_a} \iint_S (u_i - u_a) T^a \Gamma_{(a)} dS_Q - \iint_S u_i T^i \Gamma_{(a)} dS_Q + \iint_S \Gamma_{(a)} (T^a u)_a dS_Q; \quad (16)$$

ჩავსვათ აქ

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \operatorname{grad} \frac{e^{i k_1 r}}{r} = \frac{\partial}{\partial \xi} \operatorname{grad} \frac{1}{r} - \omega^2 \Gamma_{(a)}^{(n)},$$

და შევკრიბოთ (16) და (14) (ეს უქანასკნელი წინასწარ μ_a -ზე უნდა გაიყოს); მაშინ მივიღებთ

$$H^{(0)} u(P) = 0, \quad (17)$$

$$P \in B_a.$$

ამრიგად, (13) და (17) ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$H^{(0)} u(P) = \begin{cases} \frac{\tau}{\tau - 1} \varphi(P), & P \in B_i; \\ 0; & P \in B_a. \end{cases}$$

განვიხილოთ ახლა სხვაობები

$$(H^{(0)} u)_i - (H^{(0)} u)_a \quad \text{და} \quad (T^a H^{(0)} u)_i - (T^a H^{(0)} u)_a,$$

და გამოვთვალოთ მათი მნიშვნელობანი მოცულობითი, მარტივი და ორმაგი ფენის პოტენციალთა ცნობილი თვისებების გათვალისწინებით; მივიღებთ

$$u_i - u_a = -\frac{1}{4\pi} \frac{\tau}{\tau - 1} \frac{\mu_a}{\mu_i} \varphi_i, \quad (18)$$

$$(T^a u)_a - (T^i u)_i = \frac{1}{4\pi} \frac{\tau}{\tau - 1} (T^a \varphi)_i. \quad (19)$$

გარდა ამისა, თუ ვიგულისხმებთ ჯერჯერობით, რომ $\omega = 0$ და ტოლობაზე

$$H^{(0)} u(P) = \frac{\tau}{\tau - 1} \varphi(P), \quad P \in B_i,$$

გამოვიყენებთ ოპერატორს

$$\Delta_{(a)}^* = (\lambda_a + 2\mu_a) \operatorname{grad} \operatorname{div} - \mu_a \operatorname{rot} \operatorname{rot},$$

მაშინ პუასონის ფორმულისა და (12)-ის საფუძველზე მივიღებთ

$$\Delta_{(i)}^* u(P) = 0, \quad P \in B_i; \quad (20)$$

შემოვიყვანოთ ვექტორი

$$\psi(P) = \frac{\mu_a}{\mu_i} \varphi(P); \quad (21)$$

(12)-ის გამო შეიძლება დავწეროთ

$$(T^a \varphi)_i = \left\{ T^a \left(\frac{\mu_i}{\mu_a} \psi \right) \right\}_i = 2\mu_i \left(\frac{\partial \psi}{\partial n} \right)_i + \bar{n} \lambda_i (\operatorname{div} \psi)_i + \mu_i [\bar{n} \operatorname{rot} \psi]_i = (T^i \psi)_i;$$

ამიტომ (18) და (19) შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$u_i - u_a = - \frac{1}{4\pi} \frac{\tau}{\tau - 1} \psi_i, \quad (22)$$

$$(T^a u)_a - (T^i u)_i = \frac{1}{4\pi} \frac{\tau}{\tau - 1} (T^i \psi)_i.$$

შემოვიყვანოთ ვექტორი

$$U(P) = \begin{cases} u(P) + \frac{\tau}{4\pi(\tau - 1)} \psi(P), & P \in B_a; \\ u(P), & P \in B_a; \end{cases} \quad (23)$$

მაშინ, (4), (20), (21), (12) და (22) გვაძლევენ

$$\Delta_{(a)}^* U(P) = 0, \quad P \in B_a;$$

$$\Delta_{(i)}^* U(P) = 0, \quad P \in B_i;$$

$$U_i = U_a, \quad S\text{-ზე};$$

$$(T^i U)_i = (T^a U)_a, \quad S\text{-ზე}.$$

გარდა ამისა, სხვაობა $U(P) - E(P; P_0)$ რეგულარულია და უსასრულო-ბაში გამოსხივების პირობას აკმაყოფილებს, როგორც ეს მოჩანს (2')-დან. ამრიგად, (23)-ით განზღვრული ვექტორი $u(P)$, B კლასისა, არის ამოხსნა I ამოცანისა, როცა $\omega = 0$; მაგრამ მაშინ იგი აგრეთვე (1), (2) სისტემის ამოხსნაც არის; ამ სისტემას კი, როგორც ნაჩვენებია [2]-ში, შეიძლება ჰქონდეს მხოლოდ ერთი ამოხსნა. აქედან გამომდინარეობს, რომ, თუ სისტემას (1'), (2') აქვს ამოხსნა B კლასში, მაშინ იგი არის (1), (2) სისტემის ერთადერთი ამოხსნა და ეს ამოხსნა აკმაყოფილებს I ამოცანის ყველა პირობას.

ამით ექვივალენტობის თეორემა დამტკიცებულია. ზევით მოყვანილი მსჯელობის არაარსებითი ხასიათის სახეცვლილებით შეიძლება თეორემის დამტკიცება იმ შემთხვევაშიც, როცა $\omega \neq 0$.

საჭიროა ახლა დავამტკიცოთ, რომ (1'), (2') სისტემას აქვს ამოხსნა. ისე როგორც [2]-ში, ამოხსნას ვეძებთ მწკრივის სახით

$$u(P) = \sum_{s=0}^{\infty} \tau^s u^{(s)}(P); \quad (24)$$

ჩავსვამთ რა (1'), (2')-ში ფორმალურად და შევადარებთ რა τ^s -ის კოეფიციენტებს, მივიღებთ, თუ $s = 0$:

$$\begin{aligned} \mu(P) u^{(0)}(P) &= \frac{\omega^2}{4\pi} \iiint_{B_i} (\mu_a - \mu_i) u^{(0)} \Gamma_{(a)} d\tau_Q + \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i^{(0)} T^* \Gamma_{(a)} ds_Q + \\ &+ \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i^{(0)} - u_a^{(0)}) T^* \Gamma_{(a)} ds_Q + \mu_a E. \end{aligned}$$

აქ

$$\mu(P) = \begin{cases} \mu_i, & \text{როცა } P \in B_i; \\ \mu_a, & \text{როცა } P \in B_a; \end{cases}$$

ცხადია, ამ ტოლობაში იგულისხმება $\tau = 0$; ამიტომ იგი გადაიწერება კიდევ შემდეგი სახით, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ახლა

$$T^* = \frac{1}{\mu_a} (\mu_a - \mu_i) T^a;$$

$$\begin{aligned} \mu(P) u^{(0)}(P) &= \frac{\omega^2}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \iiint_{B_i} u^{(0)}(Q) \Gamma_{(a)}(P, Q) d\tau_Q + \\ &+ \frac{1}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \iint_S u_a^{(0)} T^a \Gamma_{(a)} ds_Q + \mu_a E; \end{aligned} \quad (25_0)$$

როცა $s = 1$, გვექნება

$$\begin{aligned} \mu(P) u^{(1)}(P) &= \frac{\omega^2}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \iiint_{B_i} u^{(1)}(Q) \Gamma_{(a)}(P, Q) d\tau_Q + \\ &+ \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i^{(1)} T^* \Gamma_{(a)} ds_Q + \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i^{(1)} - u_a^{(1)}) T^* \Gamma_a ds_Q + \\ &+ F^{(1)}(P; P_0); \end{aligned} \quad (25_1)$$

სადაც, თუ $P \in B_i$:

$$\begin{aligned} F^{(1)}(P; P_0) &= -\frac{\mu_a \omega^2}{4\pi} \iiint_{B_i} u^{(0)} \Gamma_{(a)}^{(n)} d\tau_Q - \frac{\mu_a}{4\pi} \iiint_{B_a} u^{(0)} \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r} d\tau_Q - \\ &- \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i^{(0)} T^* \Gamma_{(a)}^{(n)} ds_Q - \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i^{(0)} - u_a^{(0)}) T^* \Gamma_{(a)}^{(n)} ds_Q + \\ &+ F(P; P_0) - E(P; P_0); \end{aligned} \quad (26'_1)$$

ხოლო, თუ $P \in B_a$:

$$\begin{aligned} F^{(1)}(P; P_0) &= -\frac{\mu_a \omega^2}{4\pi} \frac{\lambda_i + 2\mu_i}{\lambda_a + 2\mu_a} \iiint_{B_i} u^{(0)} \Gamma_{(a)}^{(n)} d\tau_Q + \\ &+ \frac{\mu_a}{4\pi} \frac{\lambda_i + 2\mu_i}{\lambda_a + 2\mu_a} \iiint_{B_i} u^{(0)} \frac{\partial}{\partial \xi} \text{grad} \frac{1}{r} d\tau_Q; \end{aligned} \quad (26''_2)$$

განვაგრძობთ რა ამ პროცესს, ენახავთ, რომ,

როცა $s = m$:

$$\begin{aligned} \mu(P) u^{(m)}(P) = & \frac{\omega^2}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \iiint_{B_i} u^{(m)} \Gamma_{(a)} d\tau_Q + \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i^{(m)} T^* \Gamma_{(a)} ds_Q + \\ & + \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i^{(m)} - u_a^{(m)}) T^a \Gamma_{(a)} ds_Q + F^{(m)}(P; P_0); \end{aligned} \quad (25_m)$$

სადაც, თუ $P \in B_i$:

$$\begin{aligned} F^{(m)}(P; P_0) = & -\frac{\mu_a \omega^2}{4\pi} \iiint_{B_i} u^{(m-1)} \Gamma_{(a)}^{(n)} d\tau_Q - \frac{\mu_a}{4\pi} \iiint_{B_a} u^{(m-1)} \frac{\partial}{\partial \xi} \operatorname{grad} \frac{1}{r} d\tau_Q - \\ & - \frac{\mu_a}{4\pi} \iint_S u_i^{(m-1)} T^* \Gamma_{(a)}^{(n)} ds_Q - \frac{1}{4\pi} (\mu_i - \mu_a) \iint_S (u_i^{(m-1)} - u_a^{(m-1)}) T^a \Gamma_{(a)}^{(n)} ds_Q; \end{aligned} \quad (27'_m)$$

ხოლო, თუ $P \in B_a$:

$$\begin{aligned} F^{(m)}(P; P_0) = & -\frac{\mu_a \omega^2}{4\pi} \frac{\lambda_i + 2\mu_i}{\lambda_a + 2\mu_a} \iiint_{B_i} u^{(m-1)} \Gamma_{(a)}^{(n)} d\tau_Q + \\ & + \frac{\mu_a}{4\pi} \frac{\lambda_i + 2\mu_i}{\lambda_a + 2\mu_a} \iiint_{B_i} u^{(m-1)} \frac{\partial}{\partial \xi} \operatorname{grad} \frac{1}{r} d\tau_Q. \end{aligned} \quad (27''_m)$$

დავუბრუნდეთ ახლა სისტემას (25₀) და განვიხილოთ მისი შესაბამისი ერთგვაროვანი სისტემა; დავამტკიცოთ, რომ მას მხოლოდ ნულოვანი ამოხსნა გააჩნია.

თუ $P \in B_i$, (25₀)-დან მივიღებთ

$$\mu_i (\Delta_{(i)}^* u^{(0)} + \omega^2 u^{(0)}) = -\omega^2 (\mu_a - \mu_i) u^{(0)}$$

და იმის გამო, რომ $\tau = \lambda_i \mu_a - \lambda_a \mu_i = 0$,

$$\Delta_{(i)}^* u^{(0)} + \omega^2 u^{(0)} = 0; \quad (28_1)$$

იქოს, ახლა $P \in B_a$; მაშინ (25₀)-დან

$$\Delta_{(a)}^* u^{(0)} + \omega^2 u^{(0)} = 0; \quad (28_2)$$

შევადგინოთ სხვაობა

$$\mu_i u_i^{(0)} - \mu_a u_a^{(0)},$$

გვექნება:

$$\mu_i u_i^{(0)} - \mu_a u_a^{(0)} = -(\mu_a - \mu_i) u_a^{(0)},$$

ე. ი.

$$u_i^{(0)} = u_a^{(0)}; \quad (28_3)$$

დაბოლოს, მოცულობითი და ორმაგი ფენის პოტენციალების თვისებებზე ვგაძლევენ

$$\mu_i (T^a u^{(0)})_i = \mu_a (T^a u^{(0)})_a;$$

რადგან $\tau = 0$, ადვილი საჩვენებელია, რომ

$$\mu_i(T^a u^{(0)})_i = \mu_a(T^i u^{(0)})_i,$$

და, მაშასადამე,

$$(T^i u^{(0)})_i = (T^a u^{(0)})_a. \quad (28_4)$$

გარდა ამისა, (25_0) -დან აშკარაა, რომ $u^{(0)}(P)$ რეგულარულია B_a -ში ყველგან და აკმაყოფილებს გამოსხივების პირობას უსასრულოებაში; აქედან და აგრეთვე ტოლობებიდან $(28_1) \dots (28_4)$ გამომდინარეობს, რომ $u^{(0)}(P)$ არის ერთგვაროვანი I ამოცანის ამოხსნა, როცა $\tau = 0$; აქედან კი, ერთადერთობის საფუძველზე, ვღებულობთ:

$$u^{(0)}(P) \equiv 0.$$

მეორე მხრივ, სინგულარული სისტემა (25_0) არის ჟირო-მიხლინის ტიპისა და მისთვის ძალაში რჩება ფრედჰოლმის თეორია; ამიტომ ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია [2]-ში, დამტკიცდება არაერთგვაროვანი (25_0) სისტემის ამოხსნადობა; ზემოაღნიშნულიდან კი გამომდინარეობს, რომ ერთგვაროვან სისტემებს $(25_1) \dots (25_m)$, რომელნიც $\tau = 0$ -სათვის გადაიქცევიან (25_0) სისტემად, არ შეიძლება ჰქონდეთ, მცირე $|\lambda_i \mu_a - \lambda_a \mu_i|$ -სათვის, არატრივიალური ამოხსნები, საიდანაც ვღებულობთ სათანადო არაერთგვაროვანი განტოლებების ამოხსნადობას; ამით კი დამტკიცებულია (1'), (2') სისტემის ამოხსნის არსებობა და ექვივალენტობის თეორემის დამტკიცებაც დასრულებულია.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 11.12.1958)

დამოწმებული ლიტმრატურა

1. ვ. კუპრაძე. დრეკადობის თეორიის სასახლერო ამოცანების შესახებ უზნობრივ-არაერთგვაროვანი ტანებისათვის. ძირითადი განტოლებების გამოყვანა. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXII, № 2, 1959.
2. ვ. კუპრაძე. დრეკადობის თეორიის სასახლერო ამოცანების შესახებ უზნობრივ არაერთგვაროვანი ტანებისათვის. არსებობის თეორემის დამტკიცება. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXII, № 3, 1959.

ბ. მანაგაძე

სიმკვრივეთა გამყოფი ზედაპირის განსაზღვრის
საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 1.8.1958)

გრავიტაციულ მოცემულობათა ინტერპრეტაციის დროს ჩვეულებრივ ვსარგებლობთ ფორმულებით, რომლებიც მიიღება იმ დაშვებით, რომ ანომალიის გამომწვევ ობიექტთა სიმკვრივების სხვაობა მუდმივი სიდიდეა.

რიგ შემთხვევაში აღნიშნული დაშვება სამართლიანი არ არის და არაა გამორიცხული ისიც, რომ ზოგჯერ სიმკვრივეთა ნამდვილ განაწილებასთან უკეთეს მიახლოებას მივიღებთ, თუ დავუშვებთ, რომ სიმკვრივე სიღრმის მიხედვით წრფივად იცვლება [1, 2].

წარმოვიდგინოთ, რომ დედამიწის დღიური ზედაპირის ქვეშ გვაქვს სიმკვრივეთა გამყოფი ერთი ზედაპირი და ზედა ფენის სიმკვრივის დეფიციტი სიღრმის მიხედვით წრფივად იცვლება $\sigma = \sigma_0 - m\zeta$. აქ σ_0 და σ ფენის სიმკვრივეთა დეფიციტია დედამიწის ზედაპირზე და ζ სიღრმეზე შესაბამისად, m — სიმკვრივეთა სხვაობის ვერტიკალური გრადიენტი ($m = \text{const}$).

სიმძიმის ძალის პორიზონტული გრადიენტი v_{xx} დედამიწის ბრტყელი ზედაპირის წერტილებისათვის, სიმკვრივეთა გამყოფი ზედაპირის არსებობით გამოწვეული, როდესაც ზედა ფენის სიმკვრივის დეფიციტი წრფივად იცვლება, სამგანზომილებიანი სხეულებისათვის მიიღება ფორმულით

$$v_{xx} = 3f \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} \frac{(\sigma_0 - m\zeta)(\xi - x)\zeta d\xi d\eta d\zeta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + \zeta^2]^{5/2}}, \quad (1)$$

ორგანზომილებიანი სხეულებისათვის კი —

$$v_{xx} = 2f \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} \frac{2(\sigma_0 - m\zeta)(\xi - x)\zeta d\xi d\zeta}{[(\xi - x)^2 + \zeta^2]^2}; \quad (1')$$

სადაც f გრავიტაციული მუდმივია, ξ, η, ζ — საინტეგრაციო ცვლადები, x, y — დაკვირვების წერტილის კოორდინატები.

(1) და (1') ფორმულების ζ -ით ინტეგრებით მივიღებთ (1):

(1) ქვემოთ განხილული ყველა განშლადი ინტეგრალი გვესმის მთავარი მნიშვნელობის აზრით.

$$\begin{aligned}
 v_{xx} = & -f\sigma_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\xi - x}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + \zeta^2]^{3/2}} \Big|_{\zeta_1}^{\zeta_2} d\xi d\zeta + \\
 & + fm \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)\zeta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + \zeta^2]^{3/2}} \Big|_{\zeta_1}^{\zeta_2} d\xi d\eta - \\
 & - fm \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)\zeta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2][(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + \zeta^2]^{1/2}} \Big|_{\zeta_1}^{\zeta_2} d\xi d\eta \quad (2)
 \end{aligned}$$

და

$$\begin{aligned}
 v_{xx} = & -2f\sigma_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\xi - x}{(\xi - x)^2 + \zeta^2} \Big|_{\zeta_1}^{\zeta_2} d\xi + 2fm \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)\zeta}{(\xi - x)^2 + \zeta^2} \Big|_{\zeta_1}^{\zeta_2} d\xi - \\
 & - 2fm \int_{-\infty}^{+\infty} \arctg \frac{\zeta}{\xi - x} \Big|_{\zeta_1}^{\zeta_2} d\xi. \quad (2')
 \end{aligned}$$

თუ (2) და (2') ფორმულაში დავუშვებთ, რომ $\zeta_1 = \zeta$ და $\zeta_2 = H$, მაშინ, იმის გამო, რომ [3]

$$\begin{aligned}
 & \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + H^2]^{3/2}} = 0, \\
 & \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) H d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + H^2]^{3/2}} = 0, \\
 & \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) H d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2][(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + H^2]^{1/2}} = 0, \\
 & \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) d\xi}{(\xi - x)^2 + H^2} = 0, \\
 & \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) H d\xi}{(\xi - x)^2 + H^2} = 0, \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \arctg \frac{H}{\xi - x} d\xi = 0,
 \end{aligned}$$

გვექნება:

$$\begin{aligned}
 v_{xx} = & f\sigma_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + \zeta^2]^{3/2}} - \\
 & - fm \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)\zeta d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + \zeta^2]^{3/2}} + \\
 & + fm \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)\zeta d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2][(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + \zeta^2]^{1/2}}, \quad (3)
 \end{aligned}$$

და

$$\begin{aligned}
 v_{xx} = & 2f\sigma_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) d\xi}{(\xi - x)^2 + \zeta^2} - 2fm \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)\zeta d\xi}{(\xi - x)^2 + \zeta^2} - \\
 & - 2fm \int_{-\infty}^{+\infty} \arctg \frac{H}{\xi - x} d\xi + 2fm \int_{-\infty}^{+\infty} \arctg \frac{\zeta}{\xi - x} d\xi. \quad (3')
 \end{aligned}$$

თუ (3) და (3')-ში ინტეგრალქვეშა გამოსახულებებს გავშლით $\frac{u}{H} = \frac{\zeta}{H} - 1$ ხარისხების მწკრივად, მაშინ u -ს მიმართ გამწკრივების მხოლოდ პირველი ხარისხის წევრების მხედველობაში მიღებით, გვექნება:

$$\begin{aligned}
 v_{xx} = & 3f\sigma_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) H u d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + H^2]^{3/2}} - \\
 & - fm \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 - 2H^2] u d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + H^2]^{3/2}} + \\
 & + fm \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) u d\xi d\eta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + H^2]^{3/2}}, \quad (4)
 \end{aligned}$$

და

$$v_{xx} = 4f\sigma_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x) H u d\xi}{[(\xi - x)^2 + H^2]^2} - 2fm \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi - x)[\xi - x - H^2] u d\xi}{[(\xi - x)^2 + H^2]^2} -$$

$$-2fm \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi-x) H u d\xi}{(\xi-x)^2 + H^2}, \quad (4')$$

სადაც იგულისხმება, რომ $\frac{u}{H} \ll 1$.

თუ ყველა ინტეგრალურ წევრს შევავერთებთ უკანასკნელი ფორმულებიდან, სამ- და ორგანზომილებიანი სხეულებისათვის, სათანადოთ მივიღებთ

$$v_{xx} = 3f \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi-x)(mH^2 - \sigma_0 H) u}{[(\xi-x)^2 + (\eta-y)^2 + H^2]^{5/2}} d\xi d\eta. \quad (5)$$

და

$$v_{xx} = 4f \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\xi-x)(mH^2 - \sigma_0 H) u}{[(\xi-x)^2 + H^2]^2} d\xi. \quad (5')$$

(5) და (5') გამოსახულებიდან შეიძლება განვსაზღვროთ სიმკვრივეთა გამყოფი ზედაპირი $u = f(xy)$, როდესაც ზედა ფენის სიმკვრივის დეფიციტი წრფივად იცვლება.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 1.8.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. С. Берзон. Гравитационное поле над вертикальной ступенью в случае линейного изменения разности плотностей с глубиной. Тр. ВКГР, вып. 13, ГОНТИ, 1938.
2. А. Я. Ярош. Решение прямой задачи для антиклинальной складки, покрытой породой с переменной плотностью. Тр. Свердловского Горного института им. В. В. Вахрушева, вып. XV, Москва, 1951.
3. О. А. Шванк и Е. Н. Люстих. Интерпретация гранитационных наблюдений. Гостоптехиздат, 1947.

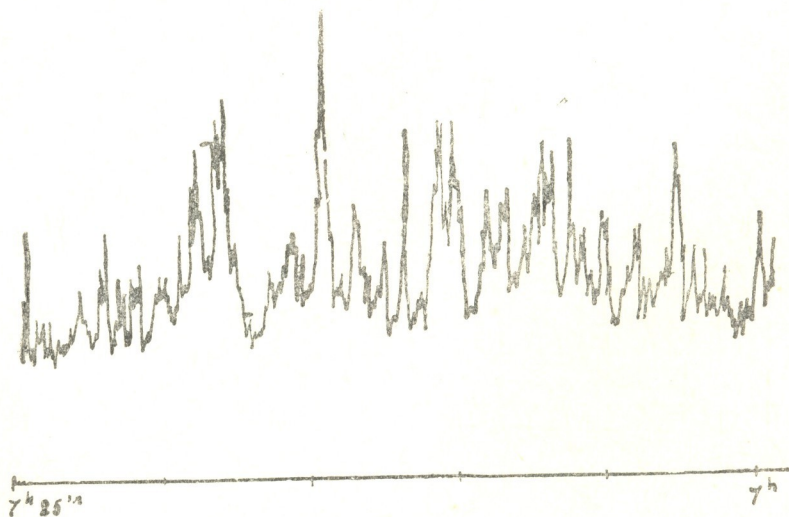


ა. სამიონოვი

მზის რადიოხმაურის ბაზომმა 209 მიგაჰერცის
სინჰირეჟი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე. ხარაძემ 23.5.1958)

მზის რადიოგამოსხივების აღმოჩენამ დიდი როლი შეასრულა იმ ფიზიკური პროცესების უკეთესად შესწავლის საქმეში, რომლებიც მზეზე მიმდინარეობს. მზის მიერ გამოსხივებულ რადიოტალღებზე დაკვირვება გვაძლევს მონაცემებს, რომლებიც განსხვავდება სინათლის ტალღით მიღებული მონაცემებისაგან. ეს ზდება იმის გამო, რომ ამ ორი დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივებისა და გავრცელების პირობები არსებითად სხვადასხვაა. ონიზებული გაზი გამჭვირვალეა სინათლისათვის, რადიოტალღებისათვის კი



ნახ. 1. 1,5 მზე. მზის რადიოგამოსხივების მაგალითი (3 მაისი, 1958)

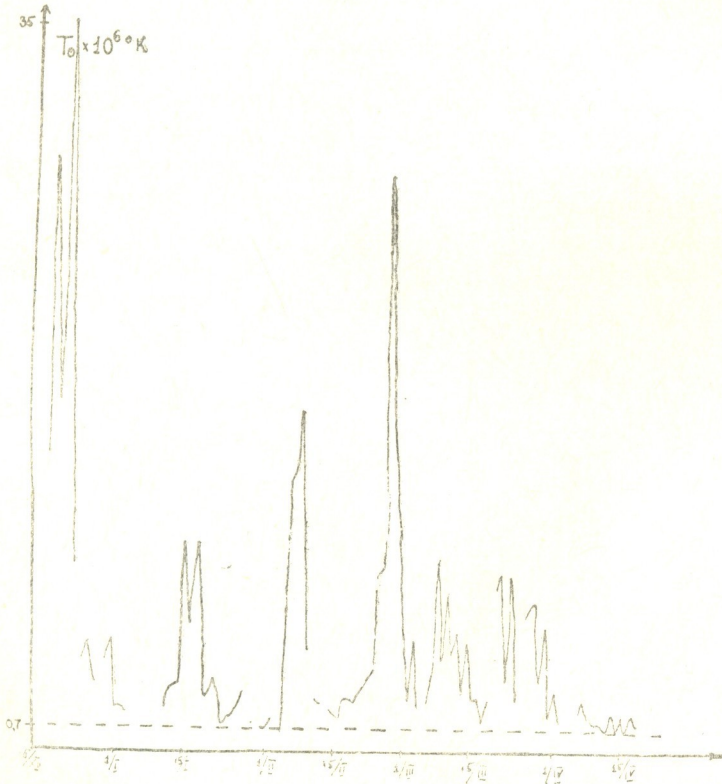
შეიძლება არაგამჭვირვალე იყოს. მზის შემთხვევაში ეს საშუალებას აძლევს მკვლევარს მოიშოროს ფოტოსფეროს თვალისმომჭრელი სინათლე და შეისწავლოს მზის ზედაპირის სხვადასხვა ფენიდან გამოსხივებული რადიოტალღები.

არსებობს მზის რადიოგამოსხივების რეგისტრაციის რამდენიმე მეთოდი (კომპენსაციური [1], მოდულაციური [2, 3], ნულოვანი [4]). აბასთუმნის ასტრო-

ჟიზიკურ ობსერვატორიაში ჩვენ მიერ აწყობილია და მუშაობს დანადგარი მზის რადიოგამოსხივების მისაღებად კომპენსაციური მეთოდით.

დანადგარი ძირითადად სამი ბლოკისაგან შედგება — ფიდერული სისტემის ანტენისაგან, რადიომიმღებისაგან თვითმწერით და კვების ბლოკისაგან.

ანტენა შედგება ერთ სიბრტყეში განლაგებული და ამრეკლავი ეკრანის ზევით მოთავსებული 32 დიპოლისაგან. ყველა დიპოლი შეერთებულია ერთმანეთთან არასიმეტრიული ფიდერით, ხოლო ანტენის გამოსავალი მიერთებულია მიმღებთან PK-ნ კაბელით. მოცემულ სიგრძეზე კაბელში სიგნალის სიმძლავრის მილევადობა 3 დეციბელს უდრის. ანტენის კონსტრუქცია საშუალებას გვაძლევს მივმართოთ იგი ცის ნებისმიერ არეში.



ნახ. 2

ანტენის მიმართულებითი ქმედების კოეფიციენტი [5]

$$D = \frac{2}{\int_0^{\pi} F^2(\varphi) \sin \varphi d\varphi}$$

ვანსაზღვრულ იქნა გრაფიკულად ანტენის მიმართულებითი დიაგრამის ორი — ჰორიზონტული და ვერტიკალური — კვეთისათვის. შემდგომ, ფორმულით

$D = \sqrt{D_r \cdot D_B}$ ვიბოვნეთ D -ს მნიშვნელობა, რომელიც აღმოჩნდა 80-ის ტოლი. ანტენის მიმართულებითი დიაგრამის სიგანე ნახევარი სიმძლავრით ჰორიზონტულ და ვერტიკალურ სიბრტყეში 12° და 17° უდრის შესაბამისად.

რადიოტელესკოპის მიმღები მოწყობილობა 209 მგჰ-ზე წარმოადგენს მგრძნობიარე სუპერგეტეროდინს საერთო ვატარების ზოლით 1,5 მგჰ და მუშაობს კომპენსაციური სქემით. სუსტი სიგნალების მიღებისას, რომელთაც გააჩნიათ მთლიანი სპექტრი, ასეთი სქემები გვაძლევენ განსაზღვრულ მოგებას ჩვეულებრივ გამაძლიერებლებთან შედარებით. ეს მოგება [6] $Q_k = \sqrt{2f\Delta\tau}$, სადაც $\tau = RC$ დეტექტორის დროის მუდმივაა. ჩვენს შემთხვევაში $\tau = 4$ სექ., $Q_k = 3,5 \cdot 10^3$.

მგრძნობიარობა ტემპერატურის მომატების მიმართ

$$\Delta T_{\varepsilon} = \frac{FT_0}{Q_k},$$

აიდაც F მიმღების ხმაურის ფაქტორი — ჩვენს შემთხვევაში უდრის 8-ს და $T_0 = 300^\circ K$. ამგვარად, $\Delta T_{\varepsilon} = 0,7^\circ K$. რადგან მზე ჩანს დაახლოებით $40'$ კუთხით, რაც გვაძლევს სხეულოვან კუთხეს $\Delta\Omega = \frac{1}{7000}$, ამიტომ მგრძნობიარობა ახელის ტემპერატურის მიმართ, როცა $D=80$, იქნება

$$T_{min} = \frac{4\pi}{\Delta\Omega} \frac{\Delta T_{\varepsilon}}{D} \approx 800^\circ K.$$

რადიოტელესკოპის კვების ბლოკები წარმოადგენენ ყველა მილსაკის ანოდური და ვარვარების ძაბვის მაღალსტაბილურ წყაროებს.

საერთაშორისო გეოფიზიკური წლის დაკვირვებათა ფართო პროგრამასთან დაკავშირებით აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ობსერვატორიაში წარმოებს რეგულარული დაკვირვება მზის რადიოტემპერატურაზე. ყოველდღიურ სამსაათიან დაკვირვებათა გასაშუალებული მონაცემები წარმოდგენილია მე-2 ნახატზე. ამ მონაცემების თანახმად „მინიმალური დონის“ მეთოდით [7] შეიძლება განისაზღვროს „მშვიდი“ მზის რადიოგამოსხივების ეფექტური ტემპერატურა, რომელიც ჩვენი მონაცემებით უდრის $0,7 \cdot 10^6^\circ K$, რაც, როგორც ჩანს, ექსპერიმენტის ცთომილებათა ფარგლებში ეთანხმება სხვა ავტორების [8, 9] მონაცემებს. აღვზნებული მზის მაქსიმალური ტემპერატურა დაკვირვებათა ნახ. 2-ზე წარმოდგენილ პერიოდში იყო $35 \cdot 10^6^\circ K$, ე. ი. მზის ტემპერატურის მაქსიმალური გაზრდა 50-ჯერ აღემატება მშვიდი მზის დონეს.

ავტორი მადლობას უძღვნის ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატს ვ. ტროიციკის, რომელმაც მონაწილეობა მიიღო რადიოტელესკოპის აწყობაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 აბასთუმნის ასტროფიზიკური
 ობსერვატორია

(რედაქციას მოუვიდა 23.5.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. С. Троицкий. К теории измерения слабых сигналов, имеющих сплошной спектр. ЖТФ, 21, 1951, 995.

2. R. H. Dicke. Measurement of thermal radiation of microwave frequencies. Rev. Sci. Inst., 17, 1946, 268.
3. В. И. Бунимович. Чувствительность радиометра. ЖТФ, 20, 1950, 944.
4. В. С. Троицкий. Нулевой метод измерения слабых электрических флюктуаций. ЖТФ, 25, 1955, 478.
5. Г. З. Айзенберг. Антенны ультракоротких волн. Связьиздат, Москва, 1957.
6. В. С. Троицкий. О чувствительности радиотермометров. ЖТФ, 22, 1952, 455.
7. Г. А. Гурзаян. Радиоастрофизика. Издательство АН Армянской ССР. Ереван, 1956.
8. J. Pawsey. Observation of million degree thermal radiation from the Sun at a Wave-length of 1,5 metres. Nat., 158, 1946, 633.
9. F. Lehany a. D. Yobsley. Solar radiation at 1200 mc/S., 600 mc/S. and 200 mc/S. Aust. J. Sci. Res., A, 2, 1949, 48.

ქიმიბი

ლ. ივანიძე, ლ. ბარუჩაშვილი, ე. ნანობაშვილი

რენტგენული და γ -გამოსხივების მოქმედება მძიმე ლითონების კოლოიდური სულფიდების, ფერიციანიდებისა და ფეროციანიდების სტაბილობაზე

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 5.7.1958)

კოლოიდურ სისტემებზე მაიონიზებული გამოსხივების მოქმედების ხასიათით მეცნიერები დანტერესდნენ რადიაქტიური ელემენტების აღმოჩენისთანავე, მაგრამ მათი გამოკვლევები ეპიზოდურ ხასიათს ატარებდა [1,2].

ა. გალექციმ [3], რომელიც სწავლობდა რენტგენული სხივების მოქმედებას ოქროს ზოლზე, პირველმა დაადგინა, რომ გამოსხივებით ხდება ზოლის სტაბილობის შემცირება, ხოლო კრაუდერმა, ლიბმანმა, ლეინმა და სხვებმა [4], რომლებიც ასევე შეისწავლიდნენ რენტგენული სხივების მოქმედებას ოქროს ზოლზე, ზოლის სტაბილობის შეცვლა ახსნეს ინტერმიცელარულ ხსნარში გამოსხივების შედეგად წარმოქმნილი პირველადი იონების მოქმედებით კოლოიდური ნაწილაკების მუხტზე.

მაგრამ განხავევულ ჰიდროზოლებზე გამოსხივების მოქმედებისას რადიაციულ-ქიმიური აქტების უდიდესი ნაწილი მოდის წყლის მოლეკულებზე და არა დისპერსიული ფაზის ნაწილაკებზე. ამიტომ კოლოიდურ ნაწილაკებთან ურთიერთმოქმედებენ ძირითადად მეორადი პროცესების დროს წარმოქმნილი H ატომები და OH რადიკალები [5].

წინამდებარე შრომაში ამ თვალსაზრისით შესწავლილია რენტგენული და γ -გამოსხივების მოქმედება სხვადასხვა ლითონების კოლოიდურ სულფიდებსა და ფერი-ფეროციანიდებზე, რომლებიც საინტერესონი არიან არა მხოლოდ კოლოიდურ-ქიმიური, არამედ ბიოლოგიური თვალთახედვითაც.

სულფიდებისა და ფერი-ფეროციანიდების კოლოიდური ხსნარები მომზადებული იყო კონდენსაციური მეთოდით. ზოლების გაშუქება წარმოებდა ადრე აღწერილი მეთოდით [5,7]. რენტგენული სხივების წყაროს წარმოდგენდა რენტგენული დანადგარი PVM-3, ხოლო γ -გამოსხივების წყაროს — რადიაქტიური კობალტი — Co^{60} , ~30 კიურის აქტივობით.

ქვემოთ მოყვანილია შედეგები, მიღებული თითოეული საკვლევი სისტემისათვის ცალკადაც.

კოლოიდური სულფიდები

სულფიდების კოლოიდური ნაერთები ბუნებაში გვხვდება კოლომორფული მინერალების ან შესაბამისი იზომორფული შენაერთების სახით; ისინი



ზშირად წარმოიქმნებიან ლაბორატორიულ პირობებშიც. აღნიშნული სისტემების ქცევის შესწავლას ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში, რაც ხშირად მიმდინარეობს როგორც ბუნებრივ, ისე საწარმოო პირობებში, თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ამ შრომაში შესწავლილია ვერცხლისწყლის, ურანისა და სპილენძის სულფიდების კოლოიდური ხსნარები.

ვერცხლისწყლის, ურანისა და სპილენძის სულფიდების ზოლები, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მზადდებოდა კონდენსაციური მეთოდით — $\sim 0,01 M Hg(NO_3)_2, UO_2(NO_3)_2, CuCl_2$ და Na_2S -ის ხსნარებიდან [6].

ზოლები იწმინდებოდა დიალიზით ცელოფანის პარკებში. გაწმენდილი ზოლების ხვედრითი ელგამტარობა $\sim 10^{-4} \Omega^{-1} \text{ სმ}^{-1}$ ტოლია და $pH \sim 5$.

ზოლების გასხივება წარმოებდა რენტგენული და γ -სხივებით. დოზის სიმძლავრე დადგენილი იყო ქიმიური დოზიმეტრით, რომელიც ორვალენტური რკინის დაჟანგვის რეაქციაზე დამყარებული.

ჩვენ მიერ გამოყენებული რენტგენული და γ -გამოსხივების წყაროს ენერგია ეთანადება $4,0 \cdot 10^{14} \text{ ევ/მლ. სეკ.}$ და $5,02 \cdot 10^{12} \text{ ევ/მლ. სეკ.}$ შესაბამისად.

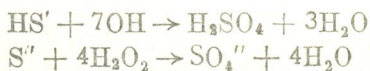
γ -სხივების მოქმედებით მიღებული შედეგები HgS, UO_2S და CuS -ის ზოლებში ერთნაირი ბუნებისაა და ამიტომ 1 ცხრილსა და ნახ. 1-ზე მოყვანილია მონაცემები მხოლოდ HgS № 1 ზოლისათვის.

ცხრილი 1

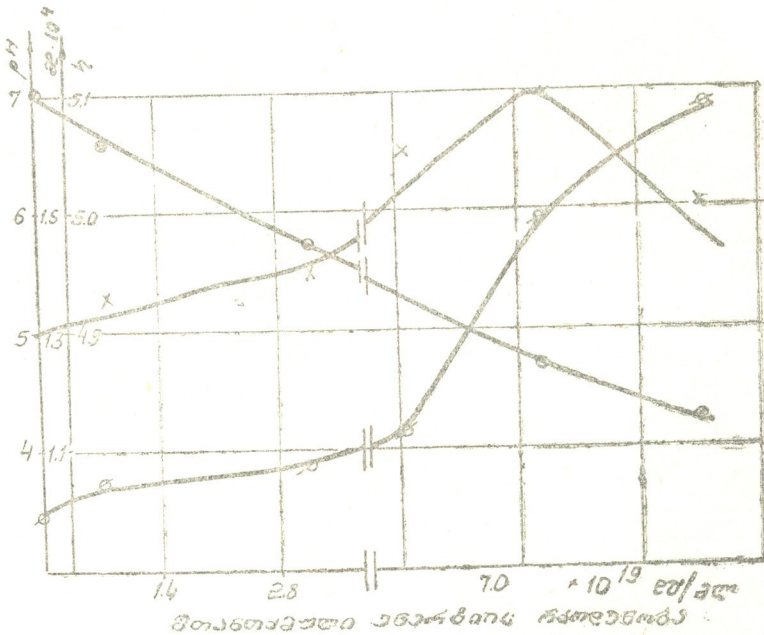
γ -სხივების მოქმედება HgS ზოლზე № 1 (ზოლის კონცენტრაცია 480 მგ/ლ)

№№ რიგზე	შთანთქმული ენერგია $\text{ევ/მლ } 10^{18}$	pH	ხვედრითი ელგამტარობა $\Omega^{-1} \text{ სმ.}^{-1} 10^4$	სიბლანტე პირბითი ერთეულბით	შ ე ნ ი შ ე ნ ა
1	0	6,99	1,00	4,90	ზოლი დაკოაგულირდა $6,9 \cdot 10^{19} \text{ ევ/მლ}$ ენერგიის შთანთქმის შემდეგ
2	7,6	6,62	1,05	4,93	
3	33,6	5,72	1,07	4,95	
4	49,9	5,26	1,13	5,00	
5	69,6	4,72	1,48	5,10	
6	84,0	4,25	1,68	5,00	

ეს მონაცემები გვიჩვენებს, რომ გასხივება იწვევს ზოლის pH-ის შემცირებას და ელგამტარობის ზრდას, მაშინ როდესაც სიბლანტე ჯერ იზრდება, ხოლო გარკვეული მაქსიმალური მნიშვნელობის მიღწევის შემდეგ მკვეთრად მცირდება. $\sim 10^{19} \text{ ევ/მლ}$ ენერგიის შთანთქმის შედეგად ზოლი კოაგულირდება. γ -სხივების მაკოაგულირებელი მოქმედება ვერცხლისწყლისა და ურანის სულფიდების კოლოიდებზე აისხნება ამ ზოლების მასტაბილიზებელი S და HS' იონების დაჟანგვით $SO_4^{''}$ -ად, ქვემომოყვანილი რადიაციულ-ქიმიური რეაქციის თანახმად:



მართლაც, გამოსავალი ზოლის ინტერმიცელარულ ხსნარში SO_4^{2-} -იონები სრულებით არაა, მაშინ როდესაც გასხივებულ ზოლებში მით უფრო მეტი გროვდება ეს იონები, რაც უფრო დიდხანს სხივდება ზოლი; ეს კი თავის მხრივ აპირობებს კოლოიდური ნაწილაკის ზედაპირზე უფრო ადვილხსნადი ნერთის— HgSO_4 -ის წარმოქმნას. HgSO_4 -ის ახლად წარმოქმნილი ფაზა, თავისი შედარებით ადვილხსნადობის გამო, ნაწილობრივ გადადის ხსნარში და ამიშვლებს რა ნაწილაკის ზედაპირს პოტენციალის განმსაზღვრელი იონებით, აპირობებს ზოლის კოაგულაციას.



ნახ 1. ელგამტარობის (x), pH და სიბლანტის (η) ცვლილება HgS -ის ზოლში № 1 გამოსხივებით.

⊙—ხვედრითი ელგამტარობა (x)

⊙—pH

X—სიბლანტე (η)

ბუნებრივია, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც გამოსხივებით გამოწვეული უნგვა-აღდგენითი პროცესების შედეგად წარმოიქმნება ძალიან ადვილხსნადი სულფატები, მათი შესაბამისი კოლოიდური სულფიდები მთლიანად უნდა გადადიოდეს ჭეშმარიტ ხსნარში. მართლაც, ცდებმა გვიჩვენა, რომ თუთიის, ინდიუმის, კობალტის, თალიუმის სულფიდები ნაწილობრივ ან მთლიანად გადადის ხსნად სულფატებში.

ეს გარემოება საყურადღებოა არა მხოლოდ ბუნებრივ პირობებში ზოგერთი კოლოიდოვანი სულფიდების სხვადასხვა მიგრაციის უნარის ახსნის თვალსაზრისით, არამედ გარკვეულ პრაქტიკულ ინტერესსაც წარმოადგენს.



რენტგენული გამოსხივების მოქმედების შესწავლამ ზოგიერთი სულფიდური მინერალების—სფალერიტების, გალენიტებისა და პირიტების—სუსპენზიებზე გვიჩვენა, რომ გასხივებულ სუსპენზიებში გროვდება SO_4^{--} -იონების საკმაოდ რაოდენობა, მაშინ როდესაც გამოსავალ ობიექტებში ისინი სრულიად არ არის, როგორც ეს ჩანს მე-2 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან.

ცხრილი 2
რენტგენული სხივების მოქმედება სულფიდური მინერალების სუსპენზიებზე

№№ რიგზე	ობიექტი	pH		SO_4^{--} -იონების შემცველობა ხსნარში გრ/მლ 10^3	კათიონების შემცველობა		შთანთქმული ენერჯის რაოდენობა
		გამოსავ.	გაწმუ.		ხსნარში გრ/მლ	ნალექში გრ/მლ	
1	თალიუმის შემცველი პირიტის სუსპენზია 10 მგ $FeS_2/100$ მლ	6,0	3,0	1,6	Tl $3,82 \cdot 10^{-6}$	Tl $1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{17}$ eV/მლ
2	თალიუმის შემცველი პირიტის სუსპენზია 200 მგ $FeS_2/100$ მლ	"	"	4,5	Tl $4,2 \cdot 10^{-6}$	Tl $3,8 \cdot 10^{-6}$	"
3	თალიუმის შემცველი პირიტის სუსპენზია 350 მგ $FeS_2/100$ მლ	5,8	2,8	7,7	Tl $6,0 \cdot 10^{-6}$	Tl $3,8 \cdot 10^{-6}$	"
4	გალენიტის სუსპენზია 100 მგ $PbS/100$ მლ	5,8	2,8	2,4	Pb $2,2 \cdot 10^{-5}$	—	"
5	სფალერიტის სუსპენზია 100 მგ $ZnS/100$ მლ	5,8	2,8	1,37	Zn $3,7 \cdot 10^{-5}$	—	"
6	მოლიბდენიტის სუსპენზია 200 მგ $MoS_2/100$ მლ.	6,0	3,0	2,4	Mo $3,6 \cdot 10^{-4}$	—	"

SO_4^{--} -იონებთან ერთად ხსნარში გადადის გასხივებულ მინერალებში მყოფი Zn^{++} , Pb^{++} და Mo^{+6} -იონები, მაგრამ გაცილებით უფრო მცირე რაოდენობით.

მოყვანილი მონაცემების თანახმად, გასხივებულ სუსპენზიებში წარმოიქმნება $\sim 8 \cdot 10^{-3}$ გრ/მლ SO_4^{--} -იონები, სფალერიტის სუსპენზიაში $\sim 4 \cdot 10^{-5}$ გრ/მლ თუთიის იონები, გალენიტის სუსპენზიაში $\sim 2,2 \cdot 10^{-5}$ გრ/მლ ტყვიის იონები, მაშინ როდესაც პირიტის სუსპენზიაში Fe^{+++} -იონები სრულგვით არაა.

კათიონურ და ანიონურ შემადგენელთა შორის ბალანსის დარღვევის მიზეზია ამ იონების ჟანგულების, ჰიდროჟანგებისა და ზეჟანგების წარმოქმნა.

აღსანიშნავია, რომ, მიუხედავად ჩვენს სამუშაოში გამოყენებული რენტგენული გამოსხივების მცირე ინტენსივობისა, ამ სისტემებში მიმდინარე რადიაციულ-ქიმიური პროცესების გამოსავალი იმდენად დიდია, რომ უნდა ვივარაუდოთ ამ რეაქციების ჯაჭვური ხასიათი.

მაღალი ენერგიის გამოსხივების გამოყენებით სულფიდური ნაერთების დაქანგვამ სულფატებში შეიძლება ნახოს პრაქტიკული გამოყენება აქტივაციურ ანალიზში, გოგირდმჟავასა და მისი მარილების მიღების ტექნოლოგიაში და სულფიდური მადნებიდან და კონცენტრატებიდან ზოგიერთი იშვიათი და გაბნეული ელემენტის ამოწვლილვის ტექნიკაში.

კოლოიდური ფერიციანიდები და ფეროციანიდები

კოლოიდური ფერი- და ფეროციანიდები, რომლებიც მიეკუთვნებიან მნიშვნელოვან კლასს—ძნელხსნად კოლოიდურ მარილებს, ხშირად წარმოიქმნებიან როგორც ბუნებრივ, ისე წარმოების პირობებში. განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ამ კოლოიდებს ანალიზურ პრაქტიკაში და აგრეთვე ზოგიერთ ბიოლოგიურ პროცესშიც.

ფერი- და ფეროციანიდების კოლოიდური ხსნარები, რომლებიც შესწავლილია ამ შრომაში, მზადდებოდა მძიმე ლითონების—ვერცხლის, თალიუმის, ვერცხლისწყლისა და ტყვიის მარილების განზავებული ხსნარების მოქმედებით კალიუმის ფერი- და ფეროციანიდებზე [8].

$Ag_2[Fe(CN)_6]$, $Tl_4[Fe(CN)_6]$, $Hg_2[Fe(CN)_6]$ -ზოლებს დიალიზის შემდეგ ჰქონდა ელექტროგამტარობა $\sim 10^4 - 10^{-1}$ სმ $^{-1}$ და pH $\sim 5 - 6$. ზოლების გასხივება ხდებოდა რენტგენულ დანადგარზე PYM-3, რომლის დოზის სიმძლავრე $\sim 8 \cdot 10^{14}$ ევ/მლ რიგისაა.

გასხივებით ზოლებში მიმდინარე პროცესების შესწავლის მიზნით მათი თვისებები შესწავლილი იყო გასხივებამდე და გასხივების შემდეგ ისე, როგორც ეს აღწერილია სულფიდების შემთხვევაში.

შრომაში შესწავლილია ვერცხლის ფერიციანიდისა და თალიუმის, ვერცხლისწყლისა და ტყვიის ფეროციანიდების კოლოიდური ხსნარები, მაგრამ მათი ანალიზური ქცევის გამო აქ მოყვანილია შედეგები მხოლოდ თალიუმის ფეროციანიდისათვის.

მონაცემები, რომლებიც მოყვანილია ნახ. 2-ზე თალიუმის ფეროციანიდისათვის, გვიჩვენებს, რომ გამოსხივების მზარდი რაოდენობის შთანქმისას ზოლების pH და ელექტროგამტარობა იზრდება, ხოლო ამასთან ერთად ზოლის სტაბილობა მცირდება.

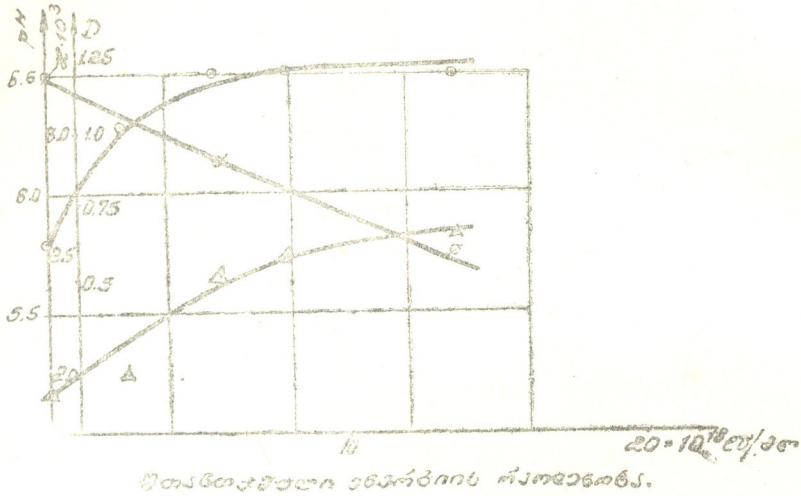
სრულიად ანალოგიურად იქცევა $Ag_2[Fe(CN)_6]$, $Pb_2[Fe(CN)_6]$ და $Hg_2[Fe(CN)_6]$ ზოლებიც.

რადიაციულ-ქიმიური პროცესები, რომლებიც კოლოიდურ ფერიციანიდებსა და ფეროციანიდებში იწვევენ აღნიშნულ ცვლილებებს, გაპირობებულია სულფიდების, ფერიციანიდებისა და ფეროციანიდების ხსნარებში რენტგენული და γ -გამოსხივებით გამოწვეულ ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციებით.

მძიმე ლითონების სულფიდებისა და ფერი-ფეროციანიდების კოლოიდურ ხსნარებში მაღალი ენერგიის გამოსხივების მაკოაგულირებელი მოქმედების მექანიზმის შესწავლის მიზნით შესწავლილ იქნა რადიაციულ-ქიმიური ჟანგვა-აღდგენითი პროცესები ნატრიუმის სულფიდისა და კალიუმის ფერი-ფერო-

ციანიდების ხსნარებში, რომლებიც წარმოადგენენ კოლოიდური სულფიდებისა და ფერი-ფეროციანიდების სტაბილიზატორებს შესაბამისად.

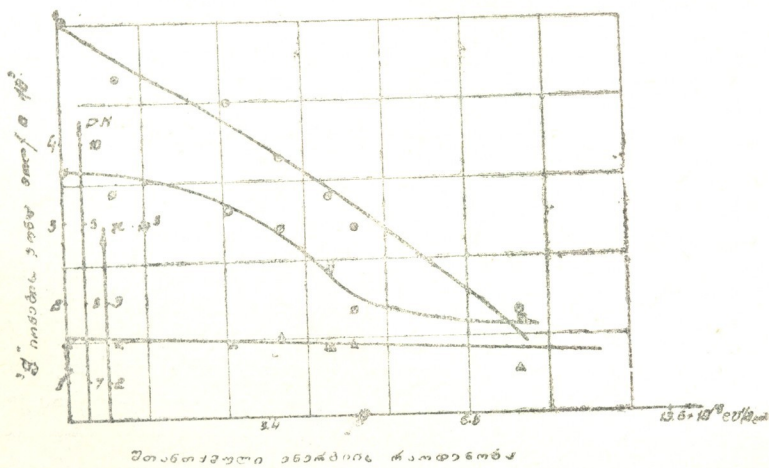
ხსნარების გასხივება ხდებოდა ისევე, როგორც ეს აღწერილი იყო წინათავებში.



ნახ. 2. ელგამტარობის (x) და pH-ის ცვლილება $Ti_4[Fe(CN)_6]_3$ ზოლში № 3 გა-
მოსხივებით:

- ▲ — ხვედრითი ელგამტარობა (x)
- — pH
- — ოპტიკური სიმკვრივე

მონაცემები, 0,005 M Na_2S -ის გასხივების შედეგად, მოყვანილი ნახ. 3-ზე, გვიჩვენებს, რომ γ -გამოსხივება მართლაც იწვევს S'' -იონების SO_4^{2-} -

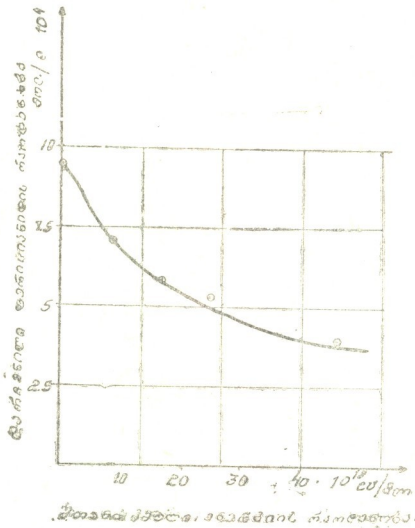


ნახ. 3. γ -სხივების მოქმედება 0,005 M Na_2S -ზე

იონებად დაჟანგვას და შესაბამისად pH-ის შემცირებას შემდეგი განტოლების თანახმად:



რენტგენული გამოსხივება ასეთსავე მოქმედებას იჩენს 0,001 M კალიუმის ფეროციანიდის მიმართ, რაც ჩანს ნე-4 ნახაზზე მოყვანილი მონაცემებიდან.



ნახ. 4. რენტგენის სხივების მოქმედება 0,001 M $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ -ზე

ამ პროცესების შესაბამისი რადიაციულ-ქიმიური რეაქცია შეიძლება გამოისახოს ასეთი განტოლებით: $(\text{CN})' + \text{OH}' \rightarrow (\text{CN}) + \text{OH}'$.

ამრიგად, 0,005 M Na_2S , 0,001 M $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ და 0,001 M $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ -ის ხსნარების გასხივებით მიღებული შედეგები ადასტურებს მძიმე ლითონების კოლოიდურ სულფიდებსა და ფერი- და ფეროციანიდებზე მაღალი ენერგიის გამოსხივების დამაკაფულირებელი მოქმედების შემომოყვანილ მექანიზმს.

დასკვნა

1. რენტგენული და γ -გამოსხივების მოქმედებით მძიმე ლითონების სულფიდებისა და ფერი- და ფეროციანიდების კოლოიდური ხსნარები განიცდიან ღრმა ფიზიკურ-ქიმიურ ცვლილებებს მათ სრულ დაშლამდე.
2. ლითონების სულფიდებისა და ფერი- ფეროციანიდების ზოლების სტაბილობის დარღვევა გაპირობებულია ზოლების მასტაბილიზებელ იონებსა და ინტერმიცელარულ ხსნარებში წარმოქმნილ OH რადიკალებს შორის რადიაციულ-ქიმიური ჟანგვითი პროცესებით.

3. რენტგენული და γ -გამოსხივება ჟანგაგს სულფიდებს შესაბამის სულფატებად, ხოლო ფერი- და ფეროციანიდებს შლის რკინის ჰიდროქსანგისა და ციანწყალბადმჟავას გამოყოფამდე.

4. სულფიდების დაჟანგვამ სულფატებში γ -სხივებით შეიძლება მოიპოვოს პრაქტიკული გამოყენება აქტივაციურ ანალიზში, გოგირდმჟავასა და მისი მარილების ტექნოლოგიაში და სულფიდური მადნებიდან ზოგიერთი იმ-ვიათი ლითონის ამოწვლილვის ტექნიკაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახელობის

ქიმიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.7.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. V. Henri a. A. Mayer. Action des radiations du radium sur les colloides, l'hémoglobine, les ferments, et les globules rouges. Comptes Rendus, 138, 1904, 521.
2. C. Doelter. Das Radium und die Farben, Dresden, 1910.
3. A. Galecki. Einw. der Röntgenstrahlen auf das Goldhydrosol, Kolloid Zeitschrift, 10, 1912, 149.
4. I. A. Crowther, H. Liebmann, R. Junes. Further Observations on the Action of x-rays on the Electrophoretic Mobility of Colloid Particles. Philosophical magazine and journal of science, 28, 1939, 64.
5. E. M. ნანობაშვილი ი ნ. ა. ბახ. Действие рентгеновского излучения на стабильность зелей окисей металлов. Сборник работ по радиационной химии, Изд. АН СССР, Москва, 1955.
6. А. В. Думанский. Учение о коллоидах. Госхимиздат, 1948.
7. E. M. ნანობაშვილი, Л. П. Беручашვილი. Действие излучения на коллоидные растворы сернистого кобальта, никеля, серебра и золота. Труды первого всесоюзного совещания по радиационной химии, 1958.
8. P. Зигмонди. Коллоидная химия, 1933.

ო. ოპროპირიძე

ზოგიერთი მოსაზრება ახალი ათონის მიდამოების მსხვილი
 ფორამინიფერების პალეოეკოლოგიის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. დავითაშვილმა 22.5.1958)

გუდაუთის რაიონში ეოცენური ნალექები უმთავრესად მერგელებით არის წარმოდგენილი. ეს მერგელები, ისევე როგორც ჩრდილოეთ კავკასიაში, მრავლად შეიცავს ფორამინიფერების ნაშთებს და ლითოლოგიურად მკვეთრად სამად ნაწილდება: ქვედა, შუა და ზედა ფორამინიფერებიანი მერგელები. ქვედა ფორამინიფერებიანი მერგელები ჩვეულებრივ შედარებით მკვრივი, სქელშრებბრივი, ღია მწვანე ფერის მერგელებითაა წარმოდგენილი, შუა — ფურცელა, რუხი ან შოკოლადის ფერი მერგელებით, რომლებშიც მრავლად გვხვდება თევზის ქერცლები, ხოლო ზედა — რბილი, ღია მწვანე თიხიანი მერგელებით. მათში დაცული წვრილი ფორამინიფერების მიხედვით ამ მერგელებშიც ისეთივე მიკროპალეონტოლოგიური ჰორიზონტები გამოიყოფა, როგორსაც ნ. სუბოტინა [1] ჩრდილო კავკასიაში სინქრონულ ნალექებში გამოყოფს. ლითოლოგიურად აღნიშნული მერგელები შედარებით მცირედ იცვლება, ვარდა ქვედა ფორამინიფერებიანი მერგელებისა, რომლებიც ხშირად კირქვებით არის შეცვლილი. ასეა მდ. ბჰიფის შესართავთან, სოფ. კალდახვარის მიდამოებში; ახალი ათონის მიდამოებში; მთა სათანჯოზე, გალის რაიონში და მათი გავრცელების სხვა ადგილას. ჩვენ აქ გვინდა შევეხოთ ახალი ათონის მიდამოებში განვითარებულ ეოცენურ კირქვებს და მათში დაცულ მსხვილი ფორამინიფერების საკმაოდ მდიდარ ფაუნას. აღნიშნული კირქვები, რომლებიც მათში დაცული ნამარხების გამო ლიტერატურაში ხშირად ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვების სახელით იხსენიება ხოლმე, ახალი ათონის მიდამოებში საკმაო გავრცელებით სარგებლობს და მათ თავიდანვე მიიქციეს აქ მომუშავე მკვლევართა ყურადღება, თუმცა მათი სტრატეგრაფიული დონე მაშინვე არ იქნა სწორად განსაზღვრული, ხოლო მათში დაცული ნამარხი ფაუნა დღემდე სათანადოდ არაა შესწავლილი, რაც ალბათ ძირითადად ამ ფაუნის დამუშავების ტექნიკური სიძნელეებით არის გამოწვეული — ნუმულიტები და დისკოციკლინები უმთავრესად მეტად მცირე ზომის ინდივიდებით არიან წარმოდგენილი, ხოლო მათი შემცველი ქანები საკმაოდ მკვრივია და ამის გამო ძალზე გაძნელებულია ფაუნის პრეპარირება.

იმ მკვლევრებიდან, რომლებიც ახალი ათონის ნუმულიტიან-დისკოციკლინიან კირქვების სტრატეგრაფიის საკითხს შეეხნენ, პირველად მ. შვეცოვი [2] დაასაბუთა ამ ნალექების სწორი ასაკი. მ. შვეცოვი, რომელიც იმ დროს სოხუმის რაიონის პალეოგენურ ნალექებს იკვლევდა, გაეცნო ახალი ათონის მიდამოებში სათანადო ასაკის გეოლოგიურ ჭრილებს. მან საკმაოდ მდიდარი პალეონტოლოგიური მასალაც დააგროვა. მაგრამ, სამწუხაროდ, ეს მასალა შემდგომ დაუმუშავებელი დარჩა, ვარდა მცირეოდენი გამონაკლისისა. მიუხედავად იმისა, რომ მას ნუმულიტები შეცდომით ზედაეოცენურად განუსაზღვრეს, იგი ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვების ყველაზე შესაძლო ასაკად მა-

ინც შუა ეოცენს თვლიდა, მაგრამ უფრო ახალგაზრდად, ვიდრე ამ რაიონშივე განვითარებულ ქვედა ფორამინიფერებიან მერგელებს, თუმცა არსად არ არის ისეთი ჭრილი, სადაც ნუმულიტიანი კირქვები და ქვედა ფორამინიფერებიანი მერგელები ერთად, ერთიმეორაზე განლაგებული გვხვდებოდეს. იქ, სადაც ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვები გვხვდება, ქვედა ფორამინიფერებიანი მერგელები არ არის წარმოდგენილი და, პირუკუ, სადაც ეს მერგელებია, კირქვები აღარ გვხვდება. შვეცოვი შეცდომით თვლიდა, რომ ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვების დალექვის წინ ტრანსგრესიამ გადაარცხა ქვედა მერგელები და შემდეგ ჩაღრმავებულ ადგილებში ზედა ცარცულ კირქვებზე დაილექა ეს კირქვები. შემდგომ, როდესაც მან ეს რაიონი უფრო დეტალურად შეისწავლა და გაეცნო დამატებით ჭრილებს, ეს თავისი შეცდომა გამოასწორა. იგი თავის მეორე სტატიამში [3] უკვე გარკვეულად აღნიშნავს ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვებისა და ქვედა ფორამინიფერებიანი მერგელების მიმართებით ერთმანეთში გადასვლას, ორივეს სინქრონულ ნალექებად თვლის და საბოლოოდ შუა ეოცენად ათარილებს. ასეთვე აზრი გამოთქვა ამ ნალექების შესახებ გეოლოგმა ა. კოზლოვმა [4], თუმცა ამ უკანასკნელს ახალი ათონის მიდამოებში სპეციალური კვლევა არ უწარმოებია (მისი კვლევის ფართობი სუხუმის რაიონით იფარგლებოდა).

შემდგომ აქ მომუშავე ყველა გეოლოგის მიერ სამართლიანად იქნა გაზიარებული ახალი ათონის ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვების შუა ეოცენური ასაკი, მიუხედავად იმისა, რომ ამ კირქვების ასაკის განსაზღვრა ძირითადად სტრატиграფიულ მოსაზრებებს ემყარებოდა და არ იყო გამაგრებული პალეონტოლოგიური მონაცემებით.

ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვები ახალი ათონის მიდამოების ჩრდილოეთ ნაწილში შიშვლდება. აქ ისინი ძირითადად ცარცული კირქვებისაგან შემდგარი განედური მიმართულების, აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ გაჭიმულ, ანტიკლინის სამხრეთი ფრთის აგებულებაში იღებენ მონაწილეობას. დასავლეთით ეს კირქვები სოფ. ქვემო ანუხვამდე ვრცელდება, აღმოსავლეთით ეშერამდე, სადაც მათი დიდი ნაწილი გადაარცხილია და აქა-იქ მცირე ეროზიულ ნაშთებად და არიან შერჩენილი. ნაწილობრივ კი დღევანდელი არიან უფრო ახალგაზრდა ნალექებით. თვით ეშერში და კიდევ უფრო აღმოსავლეთით, სოხუმისაკენ, კირქვები ისევ მერგელებით იცვლება, ისევე, როგორც სოფ. ქვემო ანუხვიდან დასავლეთისაკენ. ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვებს ზოგადად სამხრეთული დაქანება აქვს და მათი დაქანების კუთხე მთლიანად ეთანხმება ზემოთ აღნიშნულ ანტიკლინის სამხრეთი ფრთის დაქანებას, მაგრამ ზოგან ეს კირქვები მეორადი დანაოჭების გამო აშლილად არის განლაგებული და საკმაოდ რთული ტექტონიკური სურათის შთაბეჭდილებას ქმნის. რის გამოც ზოგ აქ მომუშავე გეოლოგს ტექტონიკური რღვევის ხაზი გაყავს, ჩვენს აზრით, სრულიად უმართებულოდ. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვების მეორადი დანაოჭება, მათი დამსხვრევა და სამხრეთისაკენ გადაბრუნება მხოლოდ და მხოლოდ ეგზოტექტონიკური მოვლენებით არის გამოწვეული. ზემოთ ნახსენები ანტიკლინის სამხრეთი ფრთა ახალ ათონთან საკმაოდ ციცაბო კუთხით არის დაქანებული. დაქ. კუთხე საშუალოდ 40° — 50° ფარგლებში იცვლება. ასეთი დაქანების პირობებში ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვები და აგრეთვე მათ ქვეშ მდებარე ზედაცარცული კირქვები, რომლებიც განლაგებულია ალბ-სენომანურ თიხიან მერგელებზე, სიმძიმის ძალის გავლენით განიცდიან დაცურებას ამ მერგელების დაშრეგების სიბრტყის გასწვრივ იქ, სადაც ამ ქანების თავები ეროზიის შედეგად გადახსნილია და ამის გამო იქმნება მერგელების წყლით გაჟღენთვისათვის ხელსაყრელი პირობები. დაცურების შედეგად ხდება დაცურებული ქანების მეორადი დანა-

ოჭება, მათი დამსხვრევა და გადაბრუნება, მაშინ როდესაც დაცურების სიბრტყის ქვევით მდებარე ბარემული კირქვები ამ მეორად დანაოჭებაში არ მონაწილეობენ და მათ დამრევეებაში არავითარი აწილივით არ შეიმჩნევა. ეს კარგად ჩანს ახალი მონასტრის ახლოს, ცოტა ჩრდილოეთით. ამ ადგილიდან დასავლეთისაკენ დაცურების ნიშნები აღარ გვხვდება, ანტიკლინის ფრთის დაქანება კლებულობს და ქანებიც ნორმალურ განლაგებაშია. ზოგჯერ დაცურებული ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვა საკმაო მანძილზეა გადაადგილებული. ასეა, მაგალითად, ახალი ათონის აღმოსავლეთ ნაწილში, სადაც მოწყვეტილი და გადაადგილებული ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვის საკმაოდ მოზრდილი ნაწილი მთის ფერდობიდან დაბლობშია ჩამოტანილი. აქ იგი მაიკოპურ თიხებზე დევს და პატარა ბორცვს ქმნის.

ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვების კარგ ჭრილს და ამ კირქვების ნორმალურ დამოკიდებულებას უფრო ძველ და უფრო ახალგაზრდა ნალექებთან ჩვენ ვხვდებით ივერის მთის კალთებზე გამავალი შარავზის გასწვრივ. ეს გზა ახალი ათონიდან სოფ. ზემო ანუხვისაკენ მიემართება. იგი ამ ადგილას ჩრდილოეთით უხვევს და ჩვენთვის საინტერესო ნალექების გარდევად მოკვეთს. აქ ზედაცარცულ კირქვებზე, რომელთა სისქეც ამ ადგილებში რამდენადმე შემცირებულია, სტრატეგრაფიული ხარვეზით განლაგებულია თეთრი ან მონაცრისფრო საკმაოდ მკვრივი, ზოგჯერ რბილიც, შრეებრივი, მარცვლოვანი აგებულების ლითოთამნიუმიანი და მილიოლიდებიანი კირქვები. ამ კირქვების ზედა ნაწილში იშვიათად პატარა ტანის ნუმულიტები და დისკოციკლინებიც გვხვდება, რომელთა განსაზღვრა არ ხერხდება. პირობითად ამ კირქვების ასაკი პალეოცენ-ქვედა ეოცენად თარიღდება. ლითოთამნიუმიანი (ა და მილიოლიდებიანი) კირქვები ზემოთ თანდათანობით გადადიან ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვებში. ეს კირქვებიც შრეებრივია და დანაწევრებული შრეებრიობის მიმართ თითქმის პერპენდიკულარული ნაპრალებით. ლითოლოგიურად ეს კირქვები ლითოთამნიუმიანი კირქვებს ჰგავს, მაგრამ უკანასკნელებისაგან გამოირჩევა ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების სიმრავლით. აქაც მორიგეობაა მაგარი და რბილი კირქვების შრეებისა. ისინი აგებულებით წვრილმარცვლოვანია. ხშირად გადაკრისტალებული; მონატეხი ნიჟარისებრი ან მაწისებრია. აქა-იქ გვხვდება კაჟის კონკრეციები ნუმულიტებითა და დისკოციკლინებით. კირქვებში პარიტის ჩანაწინწყლებია, რომლებიც გამოფიტვისას ქანს ღია შორუხომოყვითალო ფერად ღებავენ. საღი კირქვა თეთრია ან მონაცრისფრო, ზოგჯერ მოლურჯო, მომწვანო ელფერი გადაჰკრავს. ქანში მრავალადა ნუმულიტები და დისკოციკლინები, ჩვეულებრივ პატარა ზომის, მაგრამ ზოგჯერ საკმაოდ მოზრდილი ფორმებიც გვხვდება. მაგ., ახალი ათონის ახალი მონასტრის ზემოთ ფერდობზე გამიშვლებულ კირქვებში ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების ნაჭუჭების დიამეტრი 12—14 და 16 მმ-ს აღწევს. ზოგიერთი დისკოციკლინის ნაჭუჭის დიამეტრი შეიძლება 30 მმ იყოს და ზოგჯერ მეტიც. ნუმულიტები და დისკოციკლინები ჩვეულებრივ ერთად გვხვდება, მაგრამ ცალკეულ უბნებში ხან ნუმულიტების სიჭარბეა, ხან დისკოციკლინების. კირქვების პერიფერიულ ნაწილებში, ე. ი. იქ, სადაც კირქვები მიმართებაზე მერგვლებში გადადიან, ნუმულიტები თანდათან ისპობიან, პირველ რიგში *Nummulites murchisoni* Brun. და მისი მონათესავე ფორმები, და ჭარბობენ დისკოციკლინები, თუმცა ეს უკანასკნელებიც ამ მიმართულებით, ისევე როგორც ნუმულიტები, თანდათან მცირდებიან როგორც თავისი ზომებით, ისე რიცხვობრივად. კირქვების მერგვლებში გადასვლის ზოლში დისკოციკლინები ერთხან ჯერ კიდევ გვხვდება, მაგრამ ბოლოს ისინიც ისპობიან და მერგვლებში აღარც ნუმულიტები გვხვდება და აღარც დისკოციკლინები ნუმულიტიან-დისკოციკლინიან კირქვების წყების

ქვედა ნაწილში გვხვდება: *Nummulites purchisoni* Brun., *N. irregularis* Desh. *N. nitidus* de la Harpe, *N. globulus* Leym. როგორც მიკრო, ისე მეგასტერული გენერაციები. *Discocyclina archiaci* Schlumb., *Discocyclina* sp. წყების შუა ნაწილში ამათ ემატებათ *Nummulites chartersi* Menegh., *Discocyclina sella* d'Arch., *D. pratti* Mich., *Asterodiscus stella* Gumb., *Ast. stellatus* d'Arch., *Ast. decoratus* Schlumb., *Ast. pentagonalis* Schafhautl, *Actinocyclina patellaris* Schloth. *Act. ex gr. patellaris* n. sp., *Act. radians* d'Arch. ამ ფორმებთან ერთად სხვადასხვა დონეზე, მაგრამ მეტად მცირე რაოდენობით გვხვდება პატარა ზომის *Operculina*-ები. წყების შუა ნაწილში გვხვდება *Op. gigantea* Mayer, აქვეა *Ranina marestiana* Koenig, კრინოიდების მალეები, *Cidaris*-ები. წყების სულ ზედა ნაწილში ნუმულიტები უფრო იშვიათი ხდებიან და დისკოციკლინები სჭარბობენ. აღარ გვხვდება *N. purchisoni*, *N. irregularis* და *N. nitidus*. კიდევ უფრო ზემოთ კირქვები თანდათან გადადიან ფორამინიფერებიან მერგელებში. ჯერ კირქვებში მერგელების შუაშრები გამოერევა, ცოტა ზემოთ კირქვებისა და მერგელების მორიგეობაა, ხოლო კიდევ უფრო ზემოთ კირქვები მთლიანად მერგელებით იცვლებიან. მერგელები დასაწყისში ჯერ ღია მომწვანო ფერისაა, ისეთი, როგორც ჩვეულებრივ ქვედა ფორამინიფერებიანი მერგელებია, ზემოთ კი თხელშრებრივი, ფურცლა, შოკოლადის ფერი მერგელებია, რომლებშიც მრავლადაა თევზის ქერცლები. ეს უკვე ეგრეთ წოდებული თევზიანი მერგელებია, ანუ როგორც უფრო ხშირად უწოდებენ, „ლიროლებისიანი შრები“ თავისი დამახასიათებელი პლანქტონური ფორამინიფერებით. მერგელებში ნუმულიტები და დისკოციკლინები არსად არა გვხვდება, არც ფორამინიფერებიან მერგელებში და არც კირქვების თავზე განლაგებულ თევზიან მერგელებში.

ყურადღებას იპყრობს ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების განაწილება მათ შემცველ კირქვებში. როგორც აღრეც აღვნიშნეთ, ისინი მიმართებაზე კირქვების პერიფერიული ნაწილებისაკენ თანდათან მცირე ზომისანი ხლებიან და მათი რიცხვიც თანდათან მცირდება. ასეთივე სურათი შეიმჩნევა კირქვების ზედა ნაწილშიც, სადაც კირქვები ისევ მერგელებით იცვლება. ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების ზომებისა და რიცხვის ეს თანდათან შემცირება კირქვების პერიფერიული ნაწილებისაკენ მახლოებისას, ცხადია, ამ მიმართულებით მათი არსებობის პირობების თანდათან გაუარესებით უნდა იყოს გამოწვეული, რადგან კირქვების მერგელებში გადასვლის ზონიდან მოშორებით, კირქვების ცენტრული ნაწილისაკენ, იგივე ფორმები გაცილებით დიდი ზომისაა და მეტი ინდივიდებითაც არიან წარმოდგენილნი, თუმცა ამ უკანასკნელების ზომები შედარებით მაინც მცირეა, ვიდრე მაგ. ყირიმის იმავე სახის ფორმებისა. გამორიცხულია აგრეთვე შესაძლებლობა, რომ აქ ჩვენ ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების სხვადასხვა რასებთან გვქონდეს საქმე. ამ უკანასკნელის დაშვების შემთხვევაში ზომების თანდათან შემცირებას კი არ ექნებოდა ადგილი, არამედ მათი სხვადასხვა ზომის კლასებად დაყოფას.

ჩვენი აზრით, ეს საცხოვრებელი პირობების გაუარესება გამოწვეული უნდა ყოფილიყო კირქვების პერიფერიებისაკენ ლითოლოგიური შეცვლით და ამ მიმართულებით აუზის თანდათან გაღრმავებით.



ნუმულიტები და დისკოციკლინები ჩვეულებრივ თიხებში და თიხით მღი-
 დარ ქანებში საერთოდ იშვიათად გვხვდება. როგორც ეტყობა, თიხა მათი
 ცხოვრებისათვის არახელსაყრელ პირობებს ქმნის. ალბათ იმიტომ, რომ თიხი-
 ანი გრუნტი მეტად რბილია და ამის გამო გრუნტის ზედაპირზე მათი გაჩერე-
 ბა გაძნელებულად ამასთან ნალექებში მათი ცოცხლად დამარხვის საფრ-
 თხვეც იქმნება. ამ აზრს, ჩვენი ფიქრით, ადასტურებს ისიც, რომ ისინი გვხვდე-
 ბიან კიდევ ისეთ ნალექებში, რომლებშიც თიხის რაოდენობა მცირეა. მაგრამ
 მართო თიხა როდია ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების გავრცელების ხე-
 ლის შემწეული — დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ზღვის ფსკერის სიღრ-
 მეს, სადაც მათ უხდებათ ცხოვრება, და წყლის ტემპერატურას.

ცნობილია, რომ ნუმულიტები და დისკოციკლინები თბილი ზღვის ცხო-
 ველები არიან. ეს, მართალია, უშუალოდ ცოცხალ ორგანიზმებზე დაკვირვე-
 ბის შედეგად არაა მიღებული, რადგან ისინი ვადამენებულ ცხოველებს ეკუთ-
 ვნიან, მაგრამ საკმარის დასაბუთებულია ამ ცხოველების პალეოგეოგრაფიული
 გავრცელებისა და ნუმულიტების ოჯახის თანამედროვე წარმომადგენლებს
 გავრცელების ფაქტებით. ამიტომ ცხადია, ახალი ათონის ნუმულიტიან-დისკო-
 ციკლინიანი კირქვებიც თბილი ზღვის პირობებში უნდა დალექილიყო.

ზღვის ფსკერის სიღრმეზე, სადაც ნუმულიტები და დისკოციკლინები
 ცხოვრობდნენ, შეიძლება რამდენადმე წარმოდგენა ვიქონიოთ ოპერკულინების
 მიხედვით, რომლებიც, როგორც ადრეც აღვნიშნეთ, ახალ ათონში ნუმული-
 ტებთან და დისკოციკლინებთან ერთად გვხვდება და რომელთა თანამედროვე
 წარმომადგენლები ახლაც ცხოვრობენ. სამწუხაროდ, თანამედროვე ოპერკუ-
 ლინების შესახებ ძალიან ცოტა რამ არის ცნობილი და დღემდე სათანადოდ
 შესწავლილი არ არის არც მათი ბუნება და არც მათი ცხოვრების პირობები.
 ცნობილია მხოლოდ ის, რომ ისინი ცხოვრობენ თხელი თბილი ზღვის ფსკერ-
 ზე, 40—200 მ სიღრმეზე.

აუზის მცირე სიღრმეზე მიუთითებს აგრეთვე ნუმულიტებისა და დისკო-
 ციკლინების ნაჭუჭების განლაგება შემცველ ქანში. ისინი არ არიან ორიენტი-
 რებული ერთ სიბრტყეში დაშრეების პარალელურად. ნაჭუჭები ნებისმიერა-
 დაა ორიენტირებული და მათ განლაგებაში არ შეიძინევა რაიმე კანონზომიე-
 რება. ნაჭუჭების ასეთი განლაგება შეეძლო გამოეწვია წყლის მხოლოდ ისეთ
 მოძრაობას, რომელსაც არ ექნებოდა დინების ხასიათი ერთი რომელიმე გარ-
 კვეული მიმართულებით და რომელიც თავის მხრივ მხოლოდ გამოძახილი იქ-
 ნებოდა წყლის ზედაპირული ფენების მოძრაობისა. ამგვარად, ნუმულიტებსა
 და დისკოციკლინებს უნდა ეცხოვრათ იმ სიღრმის ფარგლებში, სადაც წყლის
 ზედაპირულ მოძრაობებს შეეძლოთ ჩაღწევა.

შედარებით ღრმა ზღვის პირობებში ხდებოდა ფორამინიფერებიანი მერ-
 გელების დალექვა; ამაზე მიუთითებს მათში დაცული წვრილი ფორამინიფე-
 რების ფაუნა — პლანქტონური ფორამინიფერები აშკარად ღრმა ზღვის ფორ-
 მებია, ასეთებია აგრეთვე ლავენილების წარმომადგენლები და სხვათა. ამგვა-
 რად, კირქვების მერგელებში გადასვლა აუზის ამ მიმართულებით თანდათან
 გაღრმავების მაჩვენებელია. აუზის სიღრმის მომატებას კი თან სდევს ტემპე-
 რატურის დაწევა, რაც ხელს უშლის სითბოსმოყვარული ნუმულიტებისა და
 დისკოციკლინების ნორმალურ განვითარებას და იწვევს მათ დაკნინებასა და
 მოსპობას. ნუმულიტიან-დისკოციკლინიანი კირქვების ზევით ისევე მერგელებ-
 ში გადასვლა ფსკერის ვერტიკალური მოძრაობით ახსნება. ფსკერის დაძირ-
 ვის შედეგად აქაც მყარდება ღრმა ზღვის პირობები, რაც იწვევს ნუმულიტე-
 ბისა და დისკოციკლინების ფაუნის ისეთსავე ცვლას, როგორიც აღვნიშნეთ
 კირქვების მიმართებაზე მერგელებით შეცვლის შემთხვევაში. პირველ რიგში
 კნინდებიან და ისპობიან ნუმულიტები, ხოლო შემდეგ დისკოციკლინები. რო-

გორც ეტყობა, ამ მხრივ დისკოციკლინები ნუმულიტებთან შედარებით უფრო გამძლენი არიან.

აღრე ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ კირქვების ცენტრალურ ნაწილში ნუმულიტები და დისკოციკლინები, მართალია, უფრო დიდი ზომისანი არიან, ვიდრე პერიფერიულ ნაწილებში, მაგრამ ისინი აქაც ვერ აღწევენ ნორმალურ ზომებს. არსებობს აზრი, თითქოს ეს გამოწვეულია მათი ადგილსამყოფელის გეოგრაფიული მდებარეობით, რომ ახალი ათონის ნუმულიტებსა და დისკოციკლინებს უფრო ჩრდილოურ პირობებში უხდებოდათ ცხოვრება, რის გამოც ისინი ნორმალურად ვერ ვითარდებოდნენ. ჩვენ ეს მოსაზრება მცდარად მიგვაჩნია და მას არ ვიზიარებთ, რადგან კიდევ უფრო ჩრდილოეთით მდებარე ყირიმსა და არალისპირეთში ნუმულიტების იგივე ფორმები, რომლებიც ახალი ათონის კირქვებში გვხვდება, უფრო დიდი ზომის ინდივიდებითაა წარმოდგენილი. ჩვენი აზრით, ახალ ათონში ნუმულიტების და დისკოციკლინების შედარებით უფრო მცირე ზომები იმით აიხსნება, რომ აქ მათ შედარებით უფრო ღრმა ზღვის პირობებში უხდებოდათ ცხოვრება და ამის გამო არ ჰქონდათ ნორმალური განვითარებისათვის ოპტიმალური პირობები.

ახალი ათონის ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების ფაუნა ყურადღებას იქცევს აგრეთვე თავისი შედგენილობით. ნუმულიტები უმთავრესად წარმოდგენილი არიან ბარტყელნაჭუჭიანი უხორკლო ფორმებით. დისკოციკლინებს კი შესტად განვითარებული ხორკლიანობა (გრანულაცია) ახასიათებთ. ესეც ნუმულიტებისა და დისკოციკლინების საცხოვრებელი გარემოს თავისებურებით უნდა იყოს გამოწვეული. მაიერსი [5] თანამედროვე ოპერკულინების შესახებ აღნიშნავს, რომ ისინი ცხოვრობენ თბილი და თხელი ზღვის კირქვის შლამიან ფსკერზე და რომ მათი ნაჭუჭის ფორმა და აგებულება ასახავს ასეთ პირობებში ცხოვრებასთან შეგუებას. მართლაც, მაგალითად, *Operculina gigantea* Mayer-ის მეტად დიდი ზომის, მაგრამ ძალიან თხელი და ნაზი აგებულების ნაჭუჭი მხოლოდ ასეთ პირობებთან თუ იქნებოდა შეგუებული. ეს ფორმა, როგორც აღვნიშნეთ, ახალი ათონის კირქვებში ნუმულიტებთან და დისკოციკლინებთან ერთად გვხვდება, ამიტომ ადვილი შესაძლებელია, რომ აქ ამ კირქვების დალექვის დროს დაახლოებით ასეთივე პირობები ყოფილიყო. ზღვის ფსკერი კირქვის შლამის მხოლოდ თხელი ფენით უნდა ყოფილიყო დაფარული, რადგან აქვე ცხოვრობდნენ ზღვის შროშნები, რომლებიც მაგარ სუბსტრატზე მიმაგრებას საჭიროებენ, კიბორჩხალების წარმომადგენლები *Ranina marestiana* და აგრეთვე წესიერი ზღარბების, გვ. *Cidaris*-ის წარმომადგენლები. ეს უკანასკნელები შლამში ჩაფლულ ცხოვრებასთან არ არიან შეგუებული. როგორც ზევეითაც აღვნიშნეთ, ჩაფლულ ცხოვრებას არც ნუმულიტები და დისკოციკლინები ეწეოდნენ. ამგვარად, როგორც ჩანს, კირქვის შლამი დალექვის შემდეგ სწრაფ შეცემენტებას განიცდიდა და არ იქმნებოდა შესაძლებლობა შლამის სქელი ფენის დაგროვებისა. რადგან ფსკერის სიღრმე არ იყო დიდი და არ აჭარბებდა იმ სიღრმეს, რა სიღრმეზედაც წყლის ზედაპირულ მოძრაობებს შეეძლოთ ჩაღწევა, ამიტომ ამ სიღრმეზე სინათლის სხივიც ადვილად ჩაადწევა. ფსკერის განათებულებასთან დაკავშირებით იზრდება გარემოსთან შესაბამის საჭიროების მნიშვნელობა. ჩვენი აზრით, ნუმულიტებიც და დისკოციკლინებიც ამჟღავნებენ ასეთი შეგუების ნიშნებს. *N. murchisoni*-ს და *N. irregularis*-ის ნაჭუჭების გაბარტყელებული ფორმა, რომლებიც ხშირად ოპერკულინებს მოგვაგონებენ, მათი სადა უხორკლო ზედაპირი ასახავს მათი საცხოვ-



რებელი გარემოს პირობებს—თხელი, თბილი ზღვის კირქვის შლამით დათარული ფსკერის პირობებს, მსგავსად ოპერკულინების ნაჭუჭისა. ალბათ, ძირითადად ამიტომაც, რომ ახალი ათონის ნუმულიტებიან-დისკოციკლინებიან კირქვებში ნუმულიტები უმთავრესად ბრტყელი უხორკლო ფორმებითაა წარმოდგენილი და არ გვხვდებიან სქელი უხეშხორკლიანი ფორმები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 27.5.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. Н. Субботина. Ископаемые фораминиферы СССР, Глобигериниды, ханткениниды и глобороталииды. Труды ВНИГРИ, нов. сер. вып. 76, Л.—М., 1953.
2. М. С. Швецов. Палеоценовые и смежные с ними слои Сухума; Стат. 1. Труды Научно-исслед. инст. физ. мат. фак. Моск. ун-та, в. 2, Москва, 1929.
3. М. С. Швецов. Палеоценовые и смежные с ними слои Сухума; Стат. 2, Бюл. МОИП, отд. геол. т. X (2). Москва, 1932.
4. А. Козлов. Предварительный отчет о геологических исследованиях в б. Сухумском уезде в 1929 г. Изв. Всес. Геол. Разв. Объед., т. 51, вып. 68, Ленинград, 1932.
5. E. H. Myers. Life activities of foraminifera in relation to marine ecology. Proc. of the Amer. Philos. Society, 86, № 3, 1943.

ტექნიკა

დ. კერესელიძე

**დაბალროსტვერკიანი ხახუნის ხიმინჯებიანი საძირკვლების
ანბარიუმის შესახებ**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზაგრაიევმა 19.6.1958)

როგორც ცნობილია, ხიმინჯებიან საძირკვლებს ძლიერ ფართოდ იყენებენ ისეთ პირობებში, როდესაც ბუნებრივფუძიანი მცირე ჩაღრმავების საძირკვლების აგება მიუღებელია. დაბალი ღირებულება და მაღალი ტექნიკური თვისებები განაპირობებენ მათ დიდ გავრცელებას ნაცვლად ღრმა საძირკვლებისა, რომლების მოსაწყობადაც უმთავრესად ჩასაშვებ ჰეზს ან კესონებს მიმართავენ.

ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ხიმინჯებიანი საძირკვლების განვითარება ამჟამად მიმდინარეობს უმთავრესად ხიმინჯების ზომების გადიდების გზით, ამ გარემოებას კი ფაქტობრივ მიყვავართ ნორმალური ზომების ხახუნის ხიმინჯების გამოყენების უარყოფამდე ნაგებობათა ფუძეებში და იგი საგრძნობლად აძვირებს ფუძე-საძირკვლების მოწყობის ღირებულებას.

ეს გარემოება, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია იმ ნაკლოვანებებით, რომლებიც დაბალროსტვერკიანი ხახუნის ხიმინჯებიანი საძირკვლების ანგარიუმის მეთოდს ახასიათებს.

ხიმინჯის ტვირთაზიდვა განისაზღვრება ხიმინჯის მასალისა და გრუნტის სიმტკიცის პირობების შესაბამისად შემდეგი ფორმულებით:

$$P_a = R_a w$$

და

$$P = R w + \tau u l,$$

სადაც

R_a არის ხიმინჯის მასალის საანგარიშო წინაღობა თელვაზე;

R —გრუნტის საანგარიშო წინაღობა ხიმინჯის ბოლოზე;

w, u, l —შესაბამისად, ხიმინჯის განივკვეთის ფართი, განივკვეთის პერიმეტრი და სასარგებლო სიგრძე;

τ —ხიმინჯის ზედაპირზე გრუნტის ხვედრი ხახუნის ძალის საანგარიშო მნიშვნელობა.

ვინაიდან ჩვეულებრივად $P < P_a$, ფუძეში ხიმინჯების რაოდენობა, როდესაც ისინი ძირითადად გასწვრივ დატვირთვებზე მუშაობენ, იანგარიშება ფორმულით

$$n = \frac{\Sigma N}{P},$$

სადაც ΣN არის როსტვერკის ძირზე მოქმედი დატვირთვების ჯამი.

ვინაიდან ნორმალური ზომების ხიმიწვის ($d=20\text{--}32$ სმ და $l=6,0\text{--}8,0$ მ) ტვირთაზიდვა ჩვეულებრივად $18\text{--}25$ ტონაა, დიდი დატვირთვების დროს ხიმიწვების რაოდენობა ფუძეში მკვეთრად იზრდება და საძირკველი ეკონომიურად მიუღებელი გამოდის. ასეთ შემთხვევებში ხიმიწვების რაოდენობის შემცირების მიზნით საძირკვლებს აპროექტებენ გაძლიერებულ ხიმიწვებზე, ხიმიწვების გაძლიერება კი მიმდინარეობს როგორც მათი სიგრძის, ისე განივკვეთის ზომების ვადიდებით.

ამით აიხსნება ის გარემოება, რომ ამ ბოლო ხანებში ნაგებობათა საძირკვლების აგებისას ფართოდ იყენებენ ლითონისა და რკინაბეტონის გარსებს, რომლების სიგრძე ხშირად აღემატება $20\text{--}30$ მეტრს, ხოლო გარე დიამეტრი $100\text{--}120$ სანტიმეტრს.

ასეთი გარსების ჩაშვება წარმოებს უმთავრესად გრუნტის გამორეცხვით, ელექტროვიბრაციით ან ჩაბურღვით, ხოლო დაბრკოლებების შეხვედრისას ხშირად მათი ჩაშვება სრულიად შეუძლებელი ხდება და ასეთ შემთხვევაში უმეტესად გადადიან კესონურ საძირკვლებზე. ვარდა ამისა, აღსანიშნავია, რომ ასეთ გარსებზე მოწყობილი საძირკველი, როდესაც გარსები ამოვსებულია წყობით და ჩვეულებრივ მტკიცე გრუნტებზე ეყრდნობა, არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება ჩაითვალოს ხიმიწვიდან საძირკველად. ასეთი გარსები კონსტრუქციის და ზომების მიხედვით წარმოადგენენ ჩასაშვებ ჭებებს, ხოლო მუშაობის ხასიათის მიხედვით — ცალკეულ საძირკვლებს.

ამგვარად, საძირკვლების კონსტრუქციების განვითარების ასეთ ტენდენციას რიგ შემთხვევებში ობიექტურად ნაგებობათა საძირკვლებში ხიმიწვების გამოყენების უარყოფამდე მივყავართ.

ხიმიწვებიანი საძირკვლების ეს ნაკლი შესაძლებელია აღმოიფხვრას, თუ მხედველობაში მივიღებთ როსტვერკის ძირზე გრუნტის რეაქტიულ ზეგავლენას. გრუნტს შეუძლია განავითაროს სრული რეაქტიული დაწოლა როსტვერკის ძირზე მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ხიმიწვებზე გადაცემული დატვირთვები მათ ზედაპირზე განვითარებული გრუნტის ხახუნის ძალებით არ იქნება გაწონასწორებული, ანუ სხვანაირად რომ ვთქვათ, როდესაც ადგილი აქვს გრუნტების სრულ გაჭრას ხიმიწვების მიერ.

ზემოაღნიშნულის თანახმად, ხიმიწვების რაოდენობა ფუძეში გაანგარიშებული უნდა იქნეს შემდეგი ფორმულით:

$$n = \frac{\Sigma N - RF}{P_{\%}}$$

სადაც F არის როსტვერკის ძირის ფართი, R — გრუნტის საანგარიშო წინაღობა როსტვერკის ქვეშ, $P_{\%}$ — ხიმიწვის ზღვრული წინაღობა, რომელიც განისაზღვრება გრუნტის სრული გაჭრის პირობიდან. მისი მნიშვნელობა შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

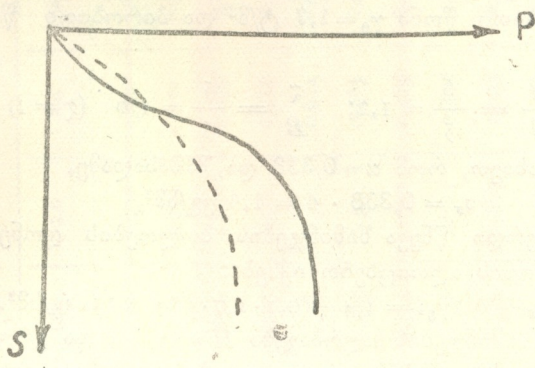
$$P_{\%} = k \tau_{\%} u l.$$

აქ, როგორც ზემოთ, u არის ხიმიწვის განივკვეთის პერიმეტრი, l — სასარგებლო სიგრძე, $\tau_{\%}$ — ხიმიწვის ზედაპირზე გრუნტის ხვედრი ხახუნის ძალის ზღვრული მნიშვნელობა და k — გრუნტების სრული გაჭრის კოეფიციენტი. ამ კოეფიციენტის ნამდვილი მნიშვნელობის დადგენა, რაც შესრულებული უნდა იქნეს ძირითადად ექსპერიმენტული გზით, წარმოადგენს ანგარიშის ამ მეთოდის ძირითად საკითხს.

კოეფიციენტი k -ს დასადგენად საჭიროა ვიცოდეთ გრუნტის ზღვრული წინაღობა როგორც ხიმიწვის ზედაპირზე, ისე მის ძირზე. ვარდა ამისა, აუცილებელია იცოდეთ ხიმიწვებშორისო გრუნტების რეაქტიული წინაღობის ხარისხი,

ს. რაკის გამოკვლევებით [3] ლიოსიან გრუნტებში ორი ხიმინჯის გამოცდისას, რომელთა სიგრძე იყო 4,8 და 10,5 მ, ხიმინჯის ბოლოზე მოსული წინაღობა შესაბამისად შეადგენდა მისი მთლიანი ზღვრული წინაღობის 30 და 40%-ს. ვ. გოლუბკოვის გამოკვლევებით, წერილმარტცვლოვან ლამიან გრუნტებში ხუთი ხიმინჯის გამოცდისას სიგრძით 4,0-დან 5,9 მეტრამდე, ხიმინჯის ბოლოზე მოსული წინაღობა მთლიანი ზღვრული წინაღობის 50%-მდე აღწევდა [2].

მაშასადამე, ამ გამოკვლევათა საფუძველზე აღნიშნული კოეფიციენტი შესაძლებელია ვივარაუდოთ $1,4 \div 2,0$ ტოლი, მაგრამ გრუნტების სრული ვაჭრის გარანტიის მიზნით მიზანშეწონილია იგი რამოდენიმედ გადიდდეს. ასეთი გადიდება შესაძლებელია ვაწარმოოთ საკმაოდ ვაბედულად, ისე, რომ მან არ გამოიწვიოს ხიმინჯებში ორისი გრუნტების გადაძაბვა. ამისათვის საკმარისია ვიცოდეთ, რომ ხიმინჯებში ორისი გრუნტების წინაღობა ვარეშე დატვირთებისადმი, მათი გვერდითი ვაგანიერების შეზღუდვის გამო, საგრძნობლად აღემატება გრუნტების წინაღობას ბუნებრივ ფუძეებში. წინაღობის ასეთი გადიდების სურათი შესაძლებელია წარმოვიდგინოთ შედარებით გრაფიკზე, რომელიც იძლევა დატვირთებას (P) და დაჯდომათა (S) შორის დამოკიდებულებას (ნახ. 1).



ნახ. 1

წყვეტილით ნაჩვენებია გრუნტის დაჯდომის გრაფიკი ბუნებრივ ფუძეში, ხოლო მთლიანი მრუდით — იმავე გრუნტის დაჯდომის გრაფიკი, როდესაც იგი მოქცეულია ხიმინჯებს შორის.

ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ სრული ვაჭრის კოეფიციენტი შესაძლებელია წინასწარ მივიჩნიოთ $2,0 \div 2,5$ ტოლად.

ეჭვს ვარეშეა, რომ აღნიშნული კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია აგრეთვე ხიმინჯებიანი ფუძის მუშაობის პირობებზე, ხიმინჯების რაოდენობასა და მათ შორის მანძილებზე ფუძეში, გრუნტების გვარობასა და ხიმინჯების დასობის წესზე. ამიტომ ამ საკითხის საბოლოო გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ დიდი ექსპერიმენტული სამუშაოებით.

ხიმინჯის სიგრძე დაინიშნება, ხოლო შემდეგ შემოწმდება იმ პირობიდან, რომ გრუნტის დაძაბულობა ხიმინჯების ბოლოების დონეზე უნდა იყოს არა უმეტეს მისი საანგარიშო წინააღობისა. ამისათვის საკმარისია გამოვიყენოთ ფუძის სიღრმეში ძაბვების განაწილების კანონი, რომელიც დრეკადი ნახევარ-სივრცის დაძაბულობის თეორიიდან გამომდინარეობს.

თანხმად ამ თეორიისა,

$$\sigma_x = \alpha \sigma,$$

სადაც

σ_x არის გრუნტის ძაბვა x სიღრმეზე (ამ შემთხვევაში ხიმინჯის ძირის ღონეზე);

σ — გრუნტის ძაბვა როსტვერკის ძირის კონტაქტზე;

α — გაბნევის კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობანი შესიძლებელია ამოღებულ იქნეს ქვემოთ მოყვანილი ცხრილიდან.

დაენიშნავთ როსტვერკის ზომებს და ხიმინჯების სიგრძეს, ხოლო შემდეგ განვსაზღვრავთ გრუნტის სრულ ძაბვას, გამოწვეულს გარეშე დატვირთებისა და ხიმინჯებშორისი გრუნტების წონის მოქმედებით. ეს ძაბვა არ უნდა აღემატებოდეს გრუნტის საანგარიშო წინაღობას.

მოგვყავს კონკრეტული მაგალითი:

დავუშვათ, რომ როსტვერკის ძირის ზომებია $A=6,0$ მ და $B=5,0$ მ, მისი ჩაღრმავება $h=2,0$ მ, როსტვერკის ძირზე მოსული ძაბვა $\sigma=4,0$ კგ/სმ², ხიმინჯების სიგრძე $l=5,0$ მ. გრუნტი არის რბილბლასტიკური, რომლისთვისაც მოცულობითი წონა $\gamma_0=1,7$ ტ/მ³ და პირობითი წინაღობა $R'=1,0$ კგ/სმ². მაშინ

$$\frac{A}{B} = \frac{6}{5} = 1,2; \quad \frac{\lambda}{B} = \frac{5}{5} = 1,0 \quad (\lambda = l)$$

ცხრილიდან მოვნახავთ, რომ $\alpha=0,338$ და, მაშასადამე,

$$\sigma_x = 0,338 \cdot 4 = 1,4 \text{ კგ/სმ}^2,$$

ხოლო სრული ხვერდი წნევა ხიმინჯების ბოლოების ღონეზე ხიმინჯებშორისი გრუნტის წონის აღრიცხვით იქნება:

$$\sigma_x + 0,1\gamma_0 l = 1,4 + 0,1 \cdot 1,7 \cdot 5 = 2,25 \text{ კგ/სმ}^2.$$

აღენიშნოთ ხიმინჯების ჩაღრმავება $H = h + l$ და გრუნტის შესაბამისი საანგარიშო წინაღობა განვსაზღვროთ ხიდებისა და მილების დაპროექტების ტექნიკური ნორმებით (ТУПМ—56).

$$R = 1,15 \{ R' [1 + k_1 (B - 2)] + k_2 \gamma_0 (H - 3) \} = 1,15 \{ 1,0 [1 + 0,02 (5 - 2)] + 0,15 \cdot 1,7 (7 - 3) \} = 2,4 \frac{\text{კგ}}{\text{სმ}^2} \quad 2,4 > 2,25.$$

ეს მაგალითი ცხადად გვიჩვენებს, რომ მაშინაც კი, როდესაც გრუნტები ძლიერ სუსტია და დატვირთები დიდი, ნაგებობათა ფუძეებში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მოკლე ხიმინჯები.

ამ მაგალითში $\sigma=4$ კგ/სმ² აქვს პირობითი ხასიათი, ვინაიდან ფაქტობრივ ამ დატვირთვის მხოლოდ ერთი ნაწილი გადაეცემა გრუნტს როსტვერკის კონტაქტის სიბრტყეში, ხოლო მეორე ნაწილს მიიღებს ხიმინჯებშორისი გრუნტი ხიმინჯების ზედაპირზე განვითარებული ხახუნის ძალებით.

აღსანიშნავია, რომ ხიმინჯების სიგრძის ასეთი წესით დადგენისას ხიმინჯებიანი საძირკვლის შემოწმება როგორც მთლიანი საძირკვლისა უკვე ზედმეტია.

ხიმინჯებს შორის მანძილი ფუძეში დაინიშნება იმ პირობიდან, რომ თითოეული ხიმინჯი ბუჩქში მუშაობდეს ისე, როგორც ცალკეული. ამისათვის შესაძ-

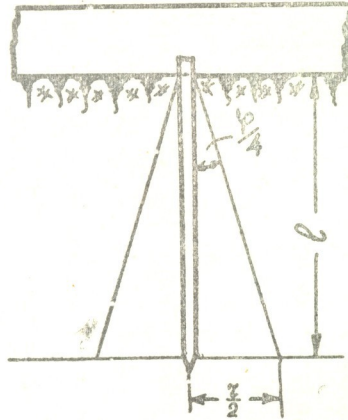


კოეფიციენტ n -ს მიმუხრელობანი

$\frac{z}{B}$	სწორკუთხა როსტვერკის ძირის ზომათა ფარდობა (A:B)											10 და მეტი (ლენტური როსტვერკი)
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	4	5	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	0,960	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977
0,4	0,800	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,875	0,878	0,879	0,880	0,881	0,881
0,6	0,606	0,651	0,682	0,703	0,717	0,727	0,757	0,746	0,749	0,753	0,754	0,755
0,8	0,449	0,496	0,532	0,558	0,518	0,593	0,612	0,623	0,630	0,636	0,639	0,642
1,0	0,334	0,338	0,414	0,441	0,463	0,480	0,505	0,520	0,529	0,540	0,545	0,550
1,2	0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,437	0,469	0,462	0,470	0,477
1,4	0,201	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,369	0,383	0,400	0,410	0,420
1,6	0,160	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,360	0,374
1,8	0,130	0,153	0,173	0,192	0,209	0,224	0,250	0,270	0,285	0,305	0,320	0,337
2,0	0,108	0,127	0,145	0,161	0,176	0,189	0,214	0,233	0,241	0,270	0,285	0,304
2,5	—	—	—	—	—	—	0,151	0,167	0,181	0,202	0,219	0,249
3,0	—	—	—	—	—	—	0,110	0,124	0,136	0,155	0,172	0,208

ბალრისკვერკიანი ხაზენის ხიმინჯიანი საძირკვლების ანგარიშის შესახებ

ლებელია გამოვიყენოთ ინჟ. ვ. გოლუბკოვის ზემოაღნიშნული ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგები. თანახმად ამ გამოკვლევებისა, ნორმალური ზომების ხიმინჯის ირგვლივ გრუნტის დაძაბულობის ზონა ვრცელდება $\varphi/4$ კუთხით, სადაც φ არის გრუნტის შინაგანი ხახუნის კუთხე (ნახ. 2).



ნახ. 2

აქედან, თუ გრუნტის დაძაბულობის გავრცელებას სწორხაზოვნად მივიჩნევთ, ხიმინჯების ღერძებს შორის მანძილი გეგმაში განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$r = 2l \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} + d,$$

სადაც d არის ხიმინჯის დიამეტრი.

ზგალითი: როდესაც $d=0,30$ მ, $l=6,0$ მ და $\varphi=20^\circ$, $r = 2 \cdot 6,0 \cdot 0,875 + 0,30 = 1,35$ მ, რაც 4,5 d შეესაბამება.

ამჟამად ხიმინჯებიანი საძირკვლების ანგარიშისას უმეტესად გრძელ ხიმინჯებს ნიშნავენ. ამ დროს ხიმინჯებს შორის ისეთი მანძილის დანიშვნა, რომელიც უზრუნველყოფდა მათ მუშაობას, ისე როგორც ცალკეული ხიმინჯებისას, შეუძლებელია, ვინაიდან ხიმინჯების სიგრძის გაზრდა გამოიწვევდა მათ შორის მანძილების გადიდებას და, მამასადამე, ფუძე-საძირკვლების გაძვირებას. ამასთან დაკავშირებით ხახუნის ხიმინჯების ტვირთაზიდვა გამოიყენება მხოლოდ ნაწილობრივად და რამდენადაც გრძელია ხიმინჯი, იმდენად მისი ტვირთაზიდვის გამოყენების კოეფიციენტი დაბალია. ხიმინჯებიანი საძირკვლების ანგარიშის მეთოდის ეს არსებითი ნაკლი აღმოფხვრილი იქნება აქ ჩამოყალიბებული საანგარიშო სქემით, რომელიც ითვალისწინებს, ერთი მხრივ, ხიმინჯების რაოდენობის მკვეთრად შემცირებას, ხოლო, მეორე მხრივ, მოკლე ხიმინჯების გამოყენებას.

ხიმინჯებიანი საძირკვლების დაჯდომის პროგნოზი შესაძლებელია შესრულებულ იქნეს ჩვეულებრივი გზით შემდეგი ფორმულით:

$$S = \frac{\sum h_i \sigma_i}{E},$$

სადაც

h_i — არის გრუნტის ელემენტარული შრის სისქე,

σ_i — საშუალო ძაბვა იმავე შრისათვის და

E — გრუნტის დეფორმაციის მოდული.

ვინაიდან ანგარიშის ეს მეთოდი ითვალისწინებს ხიმინჯების მიერ გრუნტების სრულ გაჭრას, ხიმინჯებიანი საძირკვლის დაჯდომა მიიღება როსტვერკის ძირის დაბლა მდებარე გრუნტების შეკუმშვის ხარჯზე. მკუმშვ დაწნევად შესაძლებელია პირობით იქნეს მიჩნეული როსტვერკის ძირზე მოსული ძაბვა. თუ მხედველობაში მივიღებთ ხიმინჯებშორისი გრუნტების მუშაობის პირობებს, მათთვის დეფორმაციის მოდული E მიზანშეწონილია გაანგარიშებულ იქნეს გვერდითი გაგანიერების შესაძლებლობის გამორიცხვით.

აღსანიშნავია, რომ ხიმინჯებიანი საძირკვლების ამ მეთოდით ანგარიშისას, განსაკუთრებით ძლიერ სუსტი გრუნტების შემთხვევებში, შესაძლებელია ნაგებობათა დაჯდომა რამოდენიმე დაზრდილი მივიღოთ. ამ გარემოებამ შესაძლებელია ერთ შემთხვევაში გავლენა მოახდინოს ნაგებობის კონსტრუქციის ხასიათის განსაზღვრაზე, ხოლო მეორე შემთხვევაში აუცილებელი გახადოს სამშენებლო აწვევის გათვალისწინება.

ყველა შემონათქვამის შეჯამებით დავასკვნით, რომ ანგარიშის ეს მეთოდი უზრუნველყოფს ნაგებობათა ფუძეებში ხიმინჯების რაოდენობის საგრძნობლად შეკვეცას, ვრძელი ხიმინჯების მოკლე ხიმინჯებით შეცვლას, ხიმინჯების ტენიანობის სრულად გამოყენებას ფუძეებში და, დაბოლოს, ხიმინჯებიანი საძირკვლების მოწყობის ღირებულების საგრძნობლად შემცირებას.

თუ ანგარიშში მხედველობაში მივიღებთ ხიმინჯების დასობის დროს გრუნტების შემკვრივებას, ამ მეთოდის ეფექტურობა კიდევ უფრო მაღალი იქნება. ამასთანავე უნდა შევნიშნოთ, რომ როდესაც შემკვრივებული გრუნტების წინალობა სრულად აწონასწორებს გარეშე დატვირთებას, უფრო მიზანშეწონილია ჩვეულებრივი ხისტი ხიმინჯები ქვიშა-ხრეშის ხიმინჯებით შეიცვალოს.

დაბოლოს, ანგარიშის ამ მეთოდის დანერგვისას საჭიროა მხედველობაში ვიქონიოთ. რომ თუ მისი ხარისხობრივი მხარე შეიძლება უდავოდ მივიჩნიოთ, რაოდენობრიობის მხრივ იგი დასაბუთებული უნდა იქნეს აუცილებელი ექსპერიმენტების ჩატარებით.

ვ. ი. ლენინის სახელობის რკინიგზის

ტრანსპორტის ინჟინერთა თბილისის

ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 25.6.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. П. Андреев и Н. М. Колоколов. Современные свайные фундаменты мостов. Изд. Министерства Коммунального хозяйства РСФСР, 1955.
2. В. Н. Голубков. Несущая способность свайных оснований. Машстройиздат, 1950.
3. С. М. Рак. Исследование работы свай. Машстройиздат, 1950.
4. А. А. Луга. Исследование работы маломасштабных свайных фундаментов в песчаных грунтах на осевую нагрузку. Труды ЦНИИСа, вып. 13, Трансжелдориздат, 1955.

ბ. შახრომანოვი და ა. სოხაძე

ბარსების მხებ ძალებზე ანგარიშის შესახებ

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ო. ონიაშვილმა 5.12.1958)

ცილინდრული გარსების ანგარიშისათვის სივრცეში ნებისმიერად მიმართულ ძალებზე, ვ. ვლასოვმა [1] მიიღო სამი განტოლების სისტემა სამი საძიებელი ფუნქციისათვის:

$$\begin{aligned}
 U &= U(\alpha, \beta), \quad V = V(\alpha, \beta), \quad W = W(\alpha, \beta). \\
 \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha^2} + \frac{1-\nu}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \beta^2} + \frac{1+\nu}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial \alpha \partial \beta} - \frac{\nu}{R} \frac{\partial w}{\partial \alpha} &= -\frac{1-\nu^2}{E\delta} X, \\
 \frac{1+\nu}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha \partial \beta} + \frac{\partial^2 v}{\partial \beta^2} + \frac{1-\nu}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial \alpha^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial w}{\partial \beta} &= -\frac{1-\nu^2}{E\delta} Y, \\
 -\frac{\nu}{R} \frac{\partial u}{\partial \alpha} - \frac{1}{R} \frac{\partial v}{\partial \beta} + \frac{\delta^2}{12} \nabla^4 w + \frac{w}{R^2} + \frac{1-\nu^2}{E\delta} Z &= 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

ამ განტოლებებში Z და W ნოდებულია შიგა ნორმალის მიმართულებით.

(1) განტოლებათა ამოხსნა შეიძლება დავიყვანოთ მერვე რიგის სამი დიფერენციალური განტოლების ამოხსნამდე, სადაც თითოეულ განტოლებაში იქნება მხოლოდ თითო დამხმარე ფუნქცია.

ძალთა მოქმედების შეკრების პრინციპიდან გამომდინარე, (1) განტოლებათა სისტემაში შენავალი გადაადგილებები u, v, w წარმოდგენილია შემდეგი სახით

$$\begin{aligned}
 U &= u_1 + u_2 + u_3, \\
 V &= v_1 + v_2 + v_3, \\
 W &= w_1 + w_2 + w_3.
 \end{aligned} \tag{2}$$

როცა $Y=Z=0, X=I-u_1 v_1 w_1$ არიან (1) განტოლების ამოხსნის შესაბამისი გადაადგილების ვექტორის კომპონენტები. $u_2 v_2 w_2$ გადაადგილებებია, გამოწვეული მხოლოდ $Y=I$ ძალით და $u_3 v_3 w_3$ კი გადაადგილებებია, გამოწვეული $Z=I$ ძალით.

დავუშვათ, რომ გარსზე მოქმედებს მხოლოდ ძალა $X=I$. ამ შემთხვევაში გადაადგილებები $u_1 v_1 w_1$ წარმოდგენილ იქნება შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \frac{I}{R^2} \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial \alpha^2} + \frac{\delta^2}{12} \nabla^4 \left(\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial \alpha^2} + \frac{2}{1-\nu} \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial \beta^2} \right) = L_{11}(\Phi_1), \\
 v_1 &= -\frac{I}{R^2} \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial \alpha \partial \beta} - \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\delta^2}{12} \nabla^4 \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial \alpha \partial \beta} = L_{12}(\Phi_1), \\
 w_1 &= -\frac{I}{R} \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha \partial \beta^2} + \frac{\nu}{R} \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha^3} = L_{13}(\Phi_1).
 \end{aligned} \tag{3}$$

(1) სისტემის პირველი განტოლება, მე-(3) ფორმულების საფუძველზე მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\nabla^8 \Phi_1 + \frac{12(1-\nu^2)}{R^2 \delta^2} \frac{\partial^4 \Phi_1}{\partial \alpha^4} = -\frac{X}{D}. \quad (4)$$

მე-(4) განტოლებათა სისტემიდან Φ_1 ფუნქციის მნიშვნელობის ჩასმით მე-(3) განტოლებებში ვიპოვნით u_1, v_1, w_1 მნიშვნელობებს. შემდეგ, ცნობილი შეფარდებების საშუალებით, დეფორმაციებსა და ძალებს გარსში დავადგენთ თანამიმდევრულად.

მხები ძალები და მომენტები განხილულ შემთხვევაში შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \frac{E\delta}{R^2} \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha^3} + D \nabla^4 \left[(2+\nu) \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha \partial \beta^2} + \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha^3} \right] = F_{11}(\Phi_1), \\ T_2 &= D \nabla^4 \left(\nu \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha^3} - \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha \partial \beta^2} \right) = F_{12}(\Phi_1), \\ S &= D \nabla^4 \left(\frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \beta^3} - \nu \frac{\partial^3 \Phi_1}{\partial \alpha^2 \partial \beta} \right) = F_{13}(\Phi_1), \\ M_1 &= \frac{D}{R} \left[\nu \frac{\partial^5 \Phi_1}{\partial \alpha \partial \beta^4} - \nu \frac{\partial^5 \Phi_1}{\partial \alpha^5} + (1-\nu^2) \frac{\partial^5 \Phi_1}{\partial \alpha^3 \partial \beta^2} \right] = F_{14}(\Phi_1), \\ M_2 &= \frac{D}{R} \left[\frac{\partial^5 \Phi_1}{\partial \alpha \partial \beta^4} + \nu \frac{\partial^5 \Phi_1}{\partial \alpha^5} \right] = F_{15}(\Phi_1), \\ H &= \frac{D}{R} (1-\nu) \left[\frac{\partial^5 \Phi_1}{\partial \alpha^2 \partial \beta^3} + \nu \frac{\partial^5 \Phi_1}{\partial \alpha^4 \partial \beta} \right] = F_{16}(\Phi_1). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

გარსზე მხოლოდ $Y=I$ ძალის მოქმედებისას მე-(3) განტოლებათა სისტემა მიიღებს სახეს:

$$\left. \begin{aligned} u_2 &= -\frac{I}{R^2} \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial \alpha \partial \beta} - \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\delta^2}{12} \nabla^4 \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial \alpha \partial \beta} = L_{21}(\Phi_2), \\ v_2 &= \frac{\delta^2}{12} \nabla^4 \left(\frac{2}{1-\nu} \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial \beta^2} \right) + \frac{I}{R^2} \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial \beta^2} + \\ &\quad + \frac{2(1+\nu)}{R^2} \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial \alpha^2} = L_{22}(\Phi_2), \\ w_2 &= \frac{I}{R} \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \beta^3} + \frac{(2+\nu)}{R} \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \alpha^2 \partial \beta} = L_{23}(\Phi_2). \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

(1) სისტემის მეორე განტოლება დაიყვანება მე-(4) განტოლების ანალოგიურ სახეზე

$$\nabla^8 \Phi_2 + \frac{12(1-\nu^2)}{R^2 \delta^2} \frac{\partial^4 \Phi_2}{\partial \alpha^4} = -\frac{Y}{D}; \quad (7)$$

მაშინ მე-(5) ფორმულეები მიიღებენ სახეს

$$\left. \begin{aligned}
 T_1 &= \frac{E\delta}{R^2} \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \alpha^2 \partial \beta} + D \nabla^4 \left(\nu \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \beta^3} - \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \alpha^2 \partial \beta} \right) = F_{21}(\Phi_2), \\
 T_2 &= D \nabla^4 \left[\frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \beta^3} + (2 + \nu) \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \alpha^2 \partial \beta} \right] = F_{22}(\Phi_2), \\
 S &= \frac{E\delta}{R^2} \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \alpha^3} + D \nabla^4 \left(\frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \alpha^3} - \nu \frac{\partial^3 \Phi_2}{\partial \alpha \partial \beta^2} \right) = F_{23}(\Phi_2), \\
 M_1 &= -\frac{D}{R} \left[(2 + \nu) \frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \alpha^4 \partial \beta} + \nu \frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \beta^5} + (1 + \nu)^2 \frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \alpha^2 \partial \beta^3} \right] = F_{24}(\Phi_2), \\
 M_2 &= -\frac{D}{R} \left[\nu (2 + \nu) \frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \alpha^4 \partial \beta} + \frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \beta^5} + (2 + \nu) \frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \alpha^2 \partial \beta^3} \right] = F_{25}(\Phi_2), \\
 H &= -\frac{D}{R} (1 - \nu) \left[\frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \alpha \partial \beta^4} + (2 + \nu) \frac{\partial^5 \Phi_2}{\partial \alpha^3 \partial \beta^2} \right] = F_{26}(\Phi_2).
 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ოთუ გარსზე მოქმედებს მხოლოდ ძალა $Z = 1$, გადაადგილებები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned}
 u_3 &= -\frac{1}{R} \frac{\partial^3 \Phi_3}{\partial \alpha \partial \beta^2} + \frac{\nu}{R} \frac{\partial^3 \Phi_3}{\partial \alpha^3} = L_{31}(\Phi_3), \\
 v_3 &= \frac{1}{R} \frac{\partial^3 \Phi_3}{\partial \beta^3} + \frac{(2 + \nu)}{R} \frac{\partial^3 \Phi_3}{\partial \alpha^2 \partial \beta} = L_{32}(\Phi_3), \\
 w_3 &= \nabla^4 \Phi_3 = L_{33}(\Phi_3).
 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

ამ შემთხვევაში მე-(4) განტოლებები მიიღებენ შემდეგ სახეს:

$$\nabla^8 \Phi_3 + \frac{12(1 - \nu^2)}{R^2 \delta^2} \frac{\partial^4 \Phi_3}{\partial \alpha^4} = \frac{Z}{D}. \quad (10)$$

ძალები და მომენტები წარმოდგენილ იქნებიან Φ_3 ფუნქციის საშუალებით შემდეგნაირად:

$$\left. \begin{aligned}
 T_1 &= -\frac{E\delta}{R} \frac{\partial^4 \Phi_3}{\partial \alpha^2 \partial \beta^2} = F_{31}(\Phi_3), \\
 T_2 &= -\frac{E\delta}{R} \frac{\partial^4 \Phi_3}{\partial \alpha^4} = F_{32}(\Phi_3), \\
 S &= \frac{E\delta}{R} \frac{\partial^4 \Phi_3}{\partial \alpha^3 \partial \beta} = F_{33}(\Phi_3), \\
 M_1 &= -D \nabla^4 \left(\frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial \alpha^2} + \nu \frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial \beta^2} \right) = F_{34}(\Phi_3),
 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= -D\nabla^4 \left(\frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial \beta^2} + \nu \frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial \alpha^2} \right) = F_{35}(\Phi_3), \\ H &= -D(1-\nu)\nabla^4 \frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial \alpha \partial \beta} = F_{36}(\Phi_3). \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

X, Y და Z ძალების ერთდროული მოქმედების დროს (1) განტოლების საერთო ინტეგრალები იქნებიან წარმოდგენილი სამი დამხმარე ფუნქციის— Φ_1 , Φ_2 და Φ_3 —საშუალებით:

$$\left. \begin{aligned} U &= L_{11}(\Phi_1) + L_{21}(\Phi_2) + L_{31}(\Phi_3), \\ V &= L_{12}(\Phi_1) + L_{22}(\Phi_2) + L_{32}(\Phi_3), \\ W &= L_{13}(\Phi_1) + L_{23}(\Phi_2) + L_{33}(\Phi_3). \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

როგორც (3), (6) და (9) განტოლებებიდან ჩანს, მე-(12) განტოლებათა სისტემაში შემავალ დიფერენციალურ ოპერატორებს ახასიათებთ ურთიერთობის თვისება

$$L_{ik}(\) = L_{ki}(\). \quad (13)$$

ეს თვისება გვიჩვენებს, რომ ვ. ვლასოვის [1] გარსების ტექნიკური მომენტური თეორია შეესაბამება ბეტი-მაქსველის გადაადგილების ურთიერთობის თეორიას.

როგორც ცნობილია, შესაბამის დიფერენციალურ ოპერატორებს ლავის, ტრეფცის და სხვათა განტოლებებში არ ახასიათებთ აღნიშნული თვისება.

ურთიერთობის პრინციპი (13) გვაძლევს საშუალებას ავაგოთ გავლენის ზედაპირები გადაადგილებების და ძალების კომპონენტებისათვის. ყველა გარე ძალების X, Y და Z ერთობლივი მოქმედების დროს, ძალები და მომენტები განისაზღვრებიან ძალთა ქმედების შეკრების პრინციპის საფუძველზე სამი ფუნქციის Φ_1 , Φ_2 და Φ_3 საშუალებით.

ამგვარად, ცილინდრული გარსის ანგარიში რადიალურ დატვირთვაზე და აგრეთვე შუალედ ზედაპირში მოქმედ ძალებზე, მაგალითად, წინასწარ დაძაბვაზე დაიყვანება დიფერენციალური განტოლებების ინტეგრირებაზე: მე-(4), (7) და (10) საშუალებით.

ვ. ვლასოვის ზემოთ განხილული მეთოდი [1] ო. ონიაშვილმა განავითარა გარსების სეისმოდგრადობაზე ანგარიშისათვის [2]. ამ შრომათა საფუძველზე ჩვენ მიერ მიღებულია ზოგიერთი ახალი შედეგი.

ორმაგი სიმრუდის დამრეცი გარსების შემთხვევაში შეიძლება შემდეგი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემით სარგებლობა:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial \alpha} + \frac{\partial S}{\partial \beta} + X &= 0, \\ \frac{\partial T_2}{\partial \beta} + \frac{\partial S}{\partial \alpha} + Y &= 0, \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} & -(k_1 T_1 + k_2 T_2) + \frac{\partial Q_1}{\partial \alpha} + \frac{\partial Q_2}{\partial \beta} - Z = 0, \\ & k_1 T_1 + k_2 T_2 - 2 \frac{\partial^2 H}{\partial \alpha \partial \beta} + \frac{\partial^2 M_1}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial \beta^2} + Z = 0. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

თუ ამ განტოლებებში ძალებს გამოვსახავთ გადაადგილებებით, მაშინ

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= \frac{\partial H}{\partial \beta} - \frac{\partial M_1}{\partial \alpha}; & \varepsilon_1 &= \frac{\partial u}{\partial \alpha} - k_1 \omega; \\ Q_2 &= \frac{\partial H}{\partial \alpha} - \frac{\partial M_2}{\partial \beta}; & \varepsilon_2 &= \frac{\partial v}{\partial \beta} - k_2 \omega; \\ T_1 &= \frac{E \delta}{1 - \nu^2} (\varepsilon_1 + \nu \varepsilon_2); & \omega &= \frac{\partial u}{\partial \beta} + \frac{\partial v}{\partial \alpha}; \\ T_2 &= \frac{E \delta}{1 - \nu^2} (\varepsilon_2 + \nu \varepsilon_1); & M_1 &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \alpha^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial \beta^2} \right); \\ S &= \frac{E \delta}{2(1 + \nu)} \omega; & M_2 &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \beta^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial \alpha^2} \right); \\ & & H &= D(1 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial \alpha \partial \beta}. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

ვისარგებლებთ რა შეფარდებებით (15), მივიღებთ გადაადგილებებით გამოსახულ გადასაწყვეტ განტოლებათა ძირითად სისტემას

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha^2} + \frac{1 - \nu}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \beta^2} + \frac{(1 + \nu)}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial \alpha \partial \beta} - k_1 \frac{\partial w}{\partial \alpha} - k_2 \nu \frac{\partial w}{\partial \alpha} &= -\frac{X(1 - \nu^2)}{E \delta}, \\ \frac{\partial^2 v}{\partial \beta^2} + \frac{1 + \nu}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha \partial \beta} + \frac{1 - \nu}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial \alpha^2} - k_2 \frac{\partial w}{\partial \beta} - k_1 \nu \frac{\partial w}{\partial \beta} &= -\frac{Y(1 - \nu^2)}{E \delta}, \\ -\frac{\partial u}{\partial \alpha} (k_1 + \nu k_2) - \frac{\partial v}{\partial \beta} (k_2 + \nu k_1) + (k_1^2 + k_2^2 + 2\nu k_1 k_2) \omega + \\ &+ \frac{\delta^2}{12} \nabla^4 w = \frac{Z(1 - \nu^2)}{E \delta}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

ეს განტოლებები სამართლიანი იქნება სფერული გარსისათვის, როდესაც $k_1 = k_2 = \frac{1}{R}$.

მე-(12) განტოლებებში შემავალი დიფერენციალური ოპერატორები სფერული გარსისათვის ნიილებენ შემდეგ სახეს:

$$L_{11} = \frac{\delta^2}{12} \nabla^4 \left(\frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{2}{1 - \nu} \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} \right) + \frac{2(1 + \nu)}{R^2} \left(-\frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 L_{12} &= -\frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\delta^2}{I_2} \nabla^4 \frac{\partial^2}{\partial \alpha \partial \beta} \\
 L_{13} &= \frac{1+\nu}{R} \left(\frac{\partial^3}{\partial \alpha^3} + \frac{\partial^3}{\partial \alpha \partial \beta^2} \right) \\
 L_{22} &= \frac{\delta^2}{I_2} \nabla^4 \left(\frac{2}{1-\nu} \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} \right) + \frac{2(1+\nu)}{R^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} \right) \\
 L_{23} &= \frac{1-\nu}{R} \left(\frac{\partial^3}{\partial \beta^3} + \frac{\partial^3}{\partial \alpha^2 \partial \beta} \right) \\
 L_{33} &= \nabla^4.
 \end{aligned} \tag{17}$$

ოპერატორები L_{21} , L_{31} , L_{32} განისაზღვრებიან ურთიერთობის თვისებიდან (13).

მაშინ საწყისი დიფერენციალური განტოლებები სფერული გარსისათვის შეიძლება წარმოვადგინოთ

$$\begin{aligned}
 \nabla^8 \Phi_1 + \frac{I_2(1-\nu^2)}{R^2 \delta^2} \nabla^4 \Phi_1 &= -\frac{X}{D}, \\
 \nabla^8 \Phi_2 + \frac{I_2(1-\nu^2)}{R^2 \delta^2} \nabla^4 \Phi_2 &= -\frac{Y}{D}, \\
 \nabla^8 \Phi_3 + \frac{I_2(1-\nu^2)}{R^2 \delta^2} \nabla^4 \Phi_3 &= \frac{Z}{D}.
 \end{aligned} \tag{18}$$

ხოლო ორმხრივი სიმრუდის გარსისათვის დიფერენციალური ოპერატორები (17) მიიღებენ შედარებით ზოგად სახეს:

$$\begin{aligned}
 L_{11} &= \frac{\delta^2}{I_2} \nabla^4 \left(\frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{2}{1-\nu} \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} \right) + \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{2\nu}{R_1 R_2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{2(1+\nu)}{R_1^2} \frac{\partial^2}{\partial \beta^2}, \\
 L_{12} &= -\frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\delta^2}{I_2} \nabla^4 \frac{\partial^2}{\partial \alpha \partial \beta} - \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)^2 \frac{\partial^2}{\partial \alpha \partial \beta}, \\
 L_{13} &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{\nu}{R_2} \right) \frac{\partial^3}{\partial \alpha^3} + \left[\frac{(2+\nu)}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \frac{\partial^3}{\partial \alpha \partial \beta^2}, \\
 L_{22} &= \frac{\delta^2}{I_2} \nabla^4 \left(\frac{2}{1-\nu} \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} \right) + \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{2\nu}{R_1 R_2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} + \frac{2(1+\nu)}{R_2^2} \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2}, \\
 L_{23} &= \left(\frac{1}{R_2} + \frac{\nu}{R_1} \right) \frac{\partial^3}{\partial \beta^3} + \left[\frac{(2+\nu)}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right] \frac{\partial^3}{\partial \alpha^2 \partial \beta}, \\
 L_{33} &= \nabla^4.
 \end{aligned} \tag{19}$$

ორმხრივი სიმრუდის გარსისათვის ძირითად განტოლებათა სისტემა, ანალოგიურად მე-(16)-სა, ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\left. \begin{aligned} \nabla^8 \Phi_1 + \frac{12(1-\nu^2)}{\delta^2} \nabla_k^4 \Phi_1 &= -\frac{X}{D}, \\ \nabla^8 \Phi_2 + \frac{12(1-\nu^2)}{\delta^2} \nabla_k^4 \Phi_2 &= -\frac{Y}{D}, \\ \nabla^8 \Phi_3 + \frac{12(1-\nu^2)}{\delta^2} \nabla_k^4 \Phi_3 &= \frac{Z}{D}, \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

სადაც დიფერენციალური ოპერატორები გამოითვლებიან ფორმულებით

$$\left. \begin{aligned} \nabla_k^4 &= \frac{1}{R_1^2} \frac{\partial^4}{\partial \beta^4} + \frac{1}{R_2^2} \frac{\partial^4}{\partial \alpha^4} + \frac{2}{R_1 R_2} \frac{\partial^4}{\partial \alpha^2 \partial \beta^2}, \\ \nabla^8 &= \frac{\partial^8}{\partial \alpha^8} + \frac{4\partial^8}{\partial \alpha^6 \partial \beta^2} + \frac{6\partial^8}{\partial \alpha^4 \partial \beta^4} + \frac{4\partial^8}{\partial \alpha^2 \partial \beta^6} + \frac{\partial^8}{\partial \beta^8}. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

(18) და (20) განტოლებათა საერთო ამოხსნები შეიძლება წარმოვიდგინოთ ოთხი ფუნქციის ჯამის საშუალებით

$$F = \Phi + \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3. \quad (22)$$

აქ Φ ფუნქცია ერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ინტეგრალია, ხოლო Φ_1 , Φ_2 და Φ_3 წარმოდგენენ არაერთგვაროვან დიფერენციალური განტოლებების (18) და (20) კერძო ამოხსნებს.

თუ ვივარაუდებთ, რომ (18), (20) განტოლებებში გარე ძალების კომპონენტები X და Y მიღებულ იქნებიან მხოლოდ გარსის კუთხეებში, შესაძლებლობა გვექნება მივიღოთ საანგარიშო განტოლებები წინასწარ დაძაბული კონტურის მქონე გარსისათვის.

შეიძლება განვიხილოთ გარსების წინასწარი დაძაბვის სხვა შემთხვევებიც, თუ X და Y მივცემთ სათანადო მნიშვნელობებს.

(18) და (20) განტოლებები შეიძლება გავაინტეგრულოთ ფურიეს მწკრივების საშუალებით, ან ო. ონიასვილის [2] მიერ დამუშავებული ვარიაციული მეთოდის დახმარებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.12.1958)

დაპოვნებული ლიტერატურა

1. В. З. Власов. Общая теория оболочек. М.—Л., 1949.
2. О. Д. Ониашвили. Некоторые динамические задачи теории оболочек. Изд-во АН СССР, Москва, 1957.

მცენარეთა ფიზიოლოგია

ბ. სანაძე

სინათლის როლი მცენარეთა მიერ ნივთიერებათა ცვლის აქროლადი ორგანული პროდუქტების წარმოქმნაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჯაფარიძემ 6.11.1958)

მცენარეთა მიერ აქროლადი ორგანული ნივთიერებების გამოყოფის შესწავლასთან დაკავშირებებით [1, 2, 3] ჩავატარეთ გამოკვლევები იმ გარეგან ფაქტორთა გამოვლენის მიზნით, (—) რომლებიც გავლენას უნდა ახდენდნენ ფოთლებიდან ორგანულ გზათა ექსკრეციასზე.

ორგანული ფიტოგენური ნივთიერებების „გოგირდმჟავა“ ფრაქციის დღე-ღამური დინამიკის გამოკვლევას [4] ყურადღება მიიპყრო იმ გარემოებამ, რომ ღამე მცენარეები ამ ნივთიერებათა გამოყოფას წყვეტენ. ბუნებრივია, ეს გარემოება გვაფიქრებინებდა, რომ ფოთლების გაზოქსიკრეტორული ფუნქცია შეიძლება ერთგვარ დამოკიდებულებაში იმყოფებოდეს განათებულობის პირობებთან. ეს მით უფრო შესაძლებლად მივიჩინეთ, რომ ანალოგიური ვარაუდი გამოთქმული იყო ნ. ხოლოდნის მიერ [5].

ამის გამო ჩვენი უახლოესი მიზანი იყო სინათლის როლის შესწავლა აქროლადი ფიტოგენური (ორგანული) ნივთიერებების წარმოქმნაში.

გამოკვლევათა მეთოდიკა ძირითადად იგივეა, რაც უკვე გვქონდა აღწერილი [2], მცირეოდენი ცვლილებებით, რომლებიც ჩვენ წინაშე წამოჭრილი ახალი ამოცანებით იყო ნაკარნახეი. ცხადია, რომ ცდების ჩატარებისათვის განათებულობის სტაბილური პირობები გვესაჭიროებოდა. ბუნებრივ პირობებში ხემცენარეთა მოუჭრელ ტოტებზე ცდების წარმოებისას სტაბილური განათებულობის მიღწევა თითქმის შეუძლებელია, ამიტომ მოჭრილ ტოტებთან მუშაობა გარდუვალი აღმოჩნდა.

ერთგვარი წარმოდგენა რომ გვქონოდა იმაზე, თუ რა გავლენას ახდენს ტოტის მოჭრის ფაქტორი აქროლად ორგანულ ნაერთთა ექსკრეციის მსვლელობაზე ჩავატარეთ რამდენიმე პარალელური ცდა აკაციის მოჭრილი და მოუჭრელ ტოტებზე განათებულობის თანაბარ პირობებში. მოჭრილი ტოტების შემთხვევაში განსაზღვრული ნივთიერების საშუალო მაჩვენებელი უდრიდა 0,630 მოც. %-ს, ხოლო მოუჭრელისა—0,628 მოც. %-ს, ე. ი. თითქმის სრული თანხვედრაა. სიბნელეში აქროლად ნივთიერებათა გამოყოფა არცერთ შემთხვევაში არ იყო აღნიშნული. რა თქმა უნდა, არ იქნებოდა სწორი, რომ აკაციისათვის მიღებული შედეგები სხვა მცენარეებზედაც გავვერცხლებინა; ამავ დროს დაკვირვებების საფუძველზე მივიჩინეთ, რომ გზათა ექსკრეციის მსვლელობის მოსალოდნელი შეცვლა, რომელიც ტოტის მოჭრასთან უნდა იყოს დაკავშირებული, ფაქტორები ნაკლებ თოშილებას მოგვემდა, ვიდრე მოუჭრელ ტოტებზე ჩატარებული ცდები, რადგან ამ უკანასკნელ შემთხვევაში აუცილებლად ექნებოდა ადგილი განათების ინტენსივობის საგრძნობ ცვალებადობას.

მოჭრილ ტოტებს წყალსადენის წყლით სავსე სინჯარებში ვათავსებდით და სინჯართურთ გადაგვქონდა უკვე აღწერილი ტიპის მინის კამერებში [2], რის

შემდეგ მცენარიანი კამერები ჩვენთვის სასურველი განათების პირობებში ხვდებოდა.

ჩვეულებრივ ექსპოზიცია გრძელდებოდა 2 საათს, ცდები ტარდებოდა უღრუბლო დღეებში 11-დან 13 საათამდე. დღის ამ მონაკვეთზე 2—3 საათის განმავლობაში განათებულობის პირობები საკმარისად სტაბილურია. სინათლის წყაროდ მზის პირდაპირ რადიაციას ვიყენებდით. იმისდა მიხედვით, თუ რა ინტენსივობის განათებულობა გვესაჭიროებოდა, სინათლეს ვასუსტებდით დოლბანდის ორი, სამი და ა. შ. ფენით, რომელიც იმყოფებოდა კამერების ზედა მხრიდან 10 სმ-ის დაშორებით, განათებულობის გაზომვა ხდებოდა IO—16 ტიპის ლუქსმეტრით, რომლის ცთომილება აზომვის ძირითად ზღურბლებთან $\pm 10\%$ არ აღემატება.

ცდების დამთავრების შემდეგ აქროლად ნივთიერებათა სინჯებს ვაანალიზებდით ქრომატოგრაფიული ტიტრმეტრული გაზოანალიზატორით და ესაზღვრავდით მცენარის ფოთლების ფართს. აქედან გამომდინარე, შემდეგ ხდებოდა ნივთიერებათა საერთო რაოდენობის გადაანგარიშება 1 მ² ფართზე ერთსაათიანი ექსპოზიციისათვის ცდის მოცემულ პირობებში. მოსალოდნელი შეცდომების გამოსარიცხად პარალელურად იდგმებოდა საკონტროლო ცდა. კონტროლად ვიღებდით ჩვეულებრივ კამერას მცენარის გარეშე, რომელიც ივსებოდა ჰაერით იმავე წყაროდან, საიდანაც ივსებოდა მცენარიანი კამერები.

ცდებს ვატარებდით 1957 წლის შემოდგომაზე და 1958 წლის მთელი ვეგეტაციის მანძილზე.

უწინარეს ყოვლისა გამოსარკვევი იყო, თუ რა განსხვავება არსებობდა მცენარეთა გაზოექსკრეტორულ პროცესებში განათებისა და სიბნელის პირობებში. ამისათვის მცენარეთა ერთი ნაწილი თავსდებოდა სინათლეზე, ხოლო მეორე ნაწილი — სიბნელეში. ორსაათიანი პარალელური ექსპოზიციის შემდეგ ვახდენდით მიღებული სინჯების ანალიზს.

ცხრილი 1

მცენარის დასახელება	ცდის ვარიანტი	ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა მაც. %-ით	განათებულობის ინტენსივობა ლუქსებით
<i>Robinia pseudoacacia</i> (თეთრი)	სიბნელე	კვალი (0)	0
	სინათლე	0,048	15000
<i>Robinia pseudoacacia</i> (ვარდისფერი)	სიბნელის შემდეგ	0,035	15000
	სიბნელე	კვალი (0)	0
<i>Populus Simonii</i>	სინათლე	0,056	15000
	სიბნელის შემდეგ	0,038	15000
<i>Populus Simonii</i>	სიბნელე	კვალი (0)	0
	სინათლე	0,129	15000
	სინათლე სიბნელის შემდეგ	0,106	15000

პირველი ცხრილიდან ჩანს, რომ ექსკრეცია მიმდინარეობს მხოლოდ სინათლეზე, სიბნელეში კი იგი პრაქტიკულად ნულის ტოლი ხდება. მაგრამ ნივთიერებათა კვალი, რომელიც ზოგჯერ აღინიშნებოდა ხელსაწყოზე, გვაფიქრებინებდა, რომ გაზთა ექსკრეცია შესაძლოა სიბნელეშიაც მიმდინარეობდეს, ოღონდ მეტად შენელებული ტემპით. ამის გამოსარკვევად ჩვატარეთ ცდებო, სადაც მცენარეებს 2 საათის ნაცვლად 48 საათის განმავლობაში ვაყოვნებდით დაბნელებულ კამერებში. გამოირკვა, რომ აქროლად ორგანულ ნივთიერებათა

გამოყოფას ფოთლებიდან არც ასეთ ვითარებაში ჰქონდა აღვილი. ექვს იწვევ-
და მხოლოდ ის გარემოება, რომ მცენარეთა ასეთ ხანგრძლივ (48 საათი, ნაცვ-
ლად 2-ისა) ყოფნას სიბნელეში შესაძლოა მათი დაზიანება მოჰყოლოდა, რა-
საც თავის მხრივ ექსპერციის შეწყვეტაც შეეძლო გამოეწვია. ამიტომ სიბნე-
ლეში ნამყოფი მცენარეები გამოგვექონდა კარგი განათების პირობებში და ვა-
ყოფნებდით კიდევ 2 საათის განმავლობაში, რის შემდეგ ვახდენდით კამერების
შეთავსის ანალიზს. ყველა შემთხვევაში აღვილი ჰქონდა გავოქსკერტორული
პროცესის განახლებას. ამ ცდების შედეგები მოყვანილია პირველ ცხრილში
ვარიანტში „სინათლე სიბნელის შემდეგ“.

ცხრილი 2

მცენარის დასახელება	ცდის ვარიანტი	ნივთიერებათა საერ- თო რაოდენობა მოც. %-ით	განათებულობის ინტენსივობა ლუქსებით
<i>Koelreiteria paniculata</i>	სიბნელე	0	0
	სინათლე	0,034	50000
<i>Populus Sosnowskyi</i>	სინათლე სიბნელის შემდეგ	0,059	50000
	სიბნელე	0	0
<i>Salix alba</i>	სინათლე	3,536	50000
	სინათლე სიბნელის შემდეგ	3,283	50000
	სიბნელე	0	0
	სინათლე	2,484	50000
	სინათლე სიბნელის შემდეგ	1,723	50000

1-ლი ცხრილი შედგენილია იმ მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც მი-
ვიღეთ შემოდგომაზე ჩატარებულ ცდებში. ვერხვსა და აკაციანზე ამგვარი ცდე-
ბი ჩატარებული გვაქვს ვეგეტაციის სხვადასხვა პერიოდშიაც, მაგრამ ციფრობ-
რივი მასალა აქ არ მოგვეყავს მხოლოდ იმ მიზეზით, რომ ცხრილში ზოგადი
სურათი ტიპობრივია და დამახასიათებელია გამოკვლეული მცენარეებისათვის
სეზონის ყველა ჩვენ მიერ შესწავლილ ეტაპზე. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ვერ-
ხვისა და აკაციის ფოთლების მიერ აქროლად ორგანულ ნაერთთა გამოყოფაც
მხოლოდ სინათლეზე ხორციელდება.

ცხრილი 3

მცენარის დასახელება	აქროლად ორგანულ ნივთიერებათა ექსპერცია	
	სინათლეზე	სიბნელეში
<i>Acer negundo</i>	არის	არ არის
<i>Albizia julibrissin</i>	"	"
<i>Amorpha fruticosa</i>	"	"
<i>Berberis sp.</i>	"	"
<i>Diospyras Cotus</i>	"	"
<i>Ilex aquifolium</i>	"	"
<i>Koelreiteria paniculata</i>	"	"
<i>Phyllostachys sp.</i>	"	"
<i>Pistacia mulica</i>	"	"
<i>Populus Simonii</i>	"	"
<i>Populus Sosnowskyi</i>	"	"
<i>Rosa sp.</i>	"	"
<i>Satix alba</i>	"	"
<i>Spiraea hypericifolia</i>	"	"



ანალოგიური ცდები ჩავატარეთ აგრეთვე სხვა მცენარეებზე, მხოლოდ ზაფხულში. როგორც მე-2 ცხრილიდან ირკვევა, შედეგებიც ანალოგიური მივიღეთ.

იმისათვის, რომ გამოვეჩვენოთ სინათლის მონაწილეობის ხვედრითი წონა ზემოთ აღწერილ მოვლენებში, ვეგეტაციის სხვადასხვა პერიოდში სხვადასხვა მცენარეებზე ჩავატარეთ ცდები. ამ ცდების შედეგები მოგვყავს მე-3 ცხრილში. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ყველა გამოკვლეული მცენარე ერთსა და იმავე რეაქციას იძლევა განათებაზე, ე. ი. ქრომატოგრაფიული ტიტომეტრული გაზონალიზატორით განსაზღვრული ჯგუფი ფოტოგენური აქროლადი ნივთიერებებისა, რომლის შედეგნილობაში ნახშირწალბადებიც შედის [2, 3], გამოიყოფა მცენარეთა ფოთლებს მიერ სინათლეზე და მათი გამოყოფა წყდება სინათლის ფაქტორის გამორიცხვასთან ერთად.

დავრწმუნდით რა იმაში, რომ სინათლის თანამყოფობა ფოთლების ექსკრეტორული მოქმედებისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს, ეს პროცესი შესწავლილ იქნა განათებულობის ინტენსივობასთან დამოკიდებულებაში.

ცდები წარმოებდა გაზაფხულზე, ზაფხულსა და შემოდგომაზე, მათი შედეგები მე-4 ცხრილშია მოყვანილი. ირკვევა, რომ განათებულობის ინტენსივობით გაზრდასთან ერთად მცენარეთა მიერ გამოყოფილი ორგანული აქროლადი ნივთიერებების საერთო რაოდენობაც მატულობს. ეს სურათი მეორდება ვეგეტაციის ყველა იმ პერიოდში, რომელშიაც ვატარებდით დაკვირვებებს ვერხვსა და აკაციაზე.

ცხრილი 4

მცენარის დასახელება	ცდის ვარიანტი	განათებულობის ინტენსივობა ლუქებით	ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა მოც. %-ით	ცდის საშუალო ტემპერატურა °C-ით
გაზაფხული				
<i>Populus Simonii</i>	სიბნელე	0	0	23
	სინათლე	15000	0,328	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	0,961	23
	სინათლე	15000	0,094	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	0,234	23
	სინათლე	15000	0,234	
ზაფხული				
<i>Populus Simonii</i>	სიბნელე	0	0	29
	სინათლე	15000	0,356	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	2,058	29
	სინათლე	15000	0,171	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	0,963	29
	სინათლე	15000	0,963	
შემოდგომა				
<i>Populus Simonii</i>	სიბნელე	0	0	25
	სინათლე	5000	0,117	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	0,347	25
	სინათლე	15000	0,504	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	0	25
	სინათლე	5000	0,106	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	0,179	25
	სინათლე	15000	0,252	

მიუხედავად იმისა, რომ ცდების წარმოებისას ყოველთვის ხდებოდა ტემპერატურის რეგისტრირება, მიღებული შედეგების საფუძველზე ვერ შეგინუნეთ რაიმე კონკრეტული კავშირი აქროლად ორგანულ ნივთიერებათა ექსკრეციასა და ცდის ტემპერატურულ პირობებს შორის. მიუხედავად ამისა, ეს საკითხი იდგა ჩვენ წინაშე და მოითხოვდა თუნდაც ნაწილობრივ გადაჭრას. საქმე ისაა, რომ განათებულ მცენარეულ კამერებში ტემპერატურა ყოველთვის 2—3 გრადუსით მაჯალი იყო, ვიდრე გარემომცველ ჰაერში, დაბნელებულ კამერებში ტემპერატურა აგრეთვე რამდენიმე გრადუსით დაბალი აღმოჩნდა, ვიდრე განათებულ კამერებში. ყოველივე ამის გამო, ბუნებრივია, იზადებოდა აზრი, რომ დაბნელებულ კამერებში სინათლის ფაქტორის გამოორიცხვასთან ერთად შედარებით დაბალ ტემპერატურასაც შეეძლო მოეხდინა გავლენა გაზოექსკრეტორულ პროცესზე.

ამ მოსაზრების შემოწმების მიზნით ჩავატარეთ ცდები 35°C ტემპერატურის პირობებში. ამგვარი ტემპერატურული პირობები იქმნებოდა 50000 ლუქსით განათებულ კამერებში. შესაბამისად დაბნელებულ კამერებშიაც ტემპერატურა ხელგნუხად ამავე დონემდე აგყვადდა.

მე-5 ცხრილიდან ირკვევა, რომ ამ შემთხვევაშიაც სიბნელეში აქროლად ნივთიერებათა გამოყოფას არ ჰქონდა ადგილი, მაშინ როდესაც განათებული მცენარეები გამოყოფდნენ აქროლად ნივთიერებებს ჩვეულებისამებრ, ექსკრეტორული პროცესის მსვლელობაში რაიმე შესამჩნევი ცვლილებების გარეშე.

ცხრილი 5

მცენარის დასახელება	ცდის ვარიანტი	განათებულობის ინტენსივობა ლუქსებით	ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა მოც. %-ით	ცდის ტემპერატურა °C-ით
<i>Robinia pseudoacacia</i>	სიბნელე	0	0	35
	სინათლე	50000	0,298	
<i>Populus Simonii</i>	სიბნელე	0	0	35
	სინათლე	50000	0,352	

მე-5 ცხრილში მოყვანილი შედეგები, მართალია, არ იძლევიან პასუხს კითხვაზე, თუ რა გავლენას ახდენს ტემპერატურული ფაქტორი აქროლადი ორგანული შენაერთების გამოყოფაზე გამოკვლეული მცენარეების ფოთლებიდან, მაგრამ ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ, როგორც საბუთი იმისა, რომ ჩვენ მიერ ჩატარებულ ცდებში სინათლის როლის შესახებ მცენარეთა გაზოექსკრეტორულ მოქმედებაში, ტემპერატურის ფაქტორის, რომელიც მკაცრად არ რეგულირდება, არ შეეძლო ცვლილებები შეეტანა დაკვირვებებით მიღებულ ზოგად სურათში.

ზემოაღწერილი ფაქტობრივი მასალის საფუძველზე შეიძლება გამოტანილ იქნეს შემდეგი დასკვნები:

1. ქრომატოგრაფიული ტიტრომეტრული გაზოანალიზატორით განსაზღვრულ ჯგუფი აქროლადი ორგანული ნივთიერებებისა, რომელიც გამოიყოფა ჩვენ მიერ გამოკვლეული მცენარეების ფოთლების მიერ და რომელიც რიგ უცნობ ნივთიერებასთან ერთად შეიცავს აქროლად ნახშირწყალბადებს, გამოიყოფა ფოთლების მიერ მხოლოდ სინათლეზე.

2. განათებულობის ინტენსივობის მატიბასთან ერთად იზრდება გამოყოფილ ნივთიერებათა რაოდენობა, სიბნელეში კი ამ ნივთიერებათა გამოყოფა არ ხდება.

* * *

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, გვინდა გავცეთ პასუხი კითხვაზე: შესაძლოა თუ არა, რომ ორგანულ აქროლად ნივთიერებათა გამოყოფა მცენარეთა ფოთლებიდან მაინც ხდებოდეს სინათლის ზეგავლენის გარეშე, თუ გაზოფიქსირებულ პოციესი განუყრელად არის მასთან (სინათლესთან) დაკავშირებული? საქმე ისაა, რომ ქრომატოგრაფიული ტიტრომეტრიული გაზომვების მეთოდის პრინციპი მეტად მკაცრად ზღუდავს აქროლად ნივთიერებათა ხელსაწყოს ანალიზურ ნაწილში მოხვედრის შესაძლებლობას. ასე, მაგალითად, კალიუმის ტუტისაგან შექმნილი ბარიერი ხელსაწყოს გამწმენდ ნაწილში ქიმიურად მკაფი აირთა ანალიზირების შესაძლებლობას საესებით გამორიცხავს. უნდა ვიფიქროთ, რომ ჩვენ მიერ შესწავლილი ჯგუფი აქროლადი ნივთიერებებისა ქიმიური თვალსაზრისით ნეიტრალური მაინც უნდა იყოს, რის გამოც ხერხდება მისი გავლა ტუტის ხსნარში და ხელსაწყოს მიერ მისი აღრიცხვა. როგორც ჩანს, სწორედ ამ ჯგუფის ნივთიერებათა ექსკრეციას შეეხება შემოთ აღწერილი ფაქტები. რაც შეეხება სხვა ნივთიერებებს, რომელთა აღრიცხვა გასაგები მიზეზების გამო ქრომატოგრაფიული ტიტრომეტრიული ხელსაწყოთი ვერ მოხერხდა, და რომლებიც შესაძლებელია გამოიყოფიან კიდევ მცენარეთა მიერ, რა თქმა უნდა, არ მოგვეპოვება არავითარი საფუძველი მათი გამოყოფა დავუკავშიროთ რომელიმე იმ პირობათაგანს, რაზედაც შემოთ გვქონდა ლაპარაკი.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ბოტანიკის ინსტიტუტის მცენარეთა ანატომიისა და ფიზიოლოგიის განყოფილებაში პროფ. ლ. ჯაფარიძის ხელმძღვანელობით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ბოტანიკის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 6.11.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. სანაძე. მცენარეთა მიერ გამოყოფილ აქროლად ნივთიერებათა შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVII, № 5, 1956.
2. გ. სანაძე. *Robinia pseudoacacia*-ს ფოთლების მიერ გამოყოფილ აირად ნივთიერებათა ქიმიური ბუნების შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIX, № 1, 1957.
3. გ. სანაძე და გ. დოლიძე. ფიტოგენური აქროლადი ნივთიერებების მას-სპექტრომეტრიული ანალიზი. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXI, № 2, 1958.
4. გ. სანაძე, მცენარეთა კრონის მიერ გამოყოფილი აქროლადი ორგანული შენაერთების გამოკვლევა (ალელობათიის საკითხისათვის მცენარეებში). საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის ბოტანიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. XX, 1956.
5. Н. Г. Холодный. Летучие выделения цветов и листьев как источник питания микроорганизмов. ДАН СССР, XVIII, № 2, 1944.

თ. იოსელიანი

სპინალური ჩეფლემსების შეკავება ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების გალიზიანებისას

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 30.7.1958)

ზურგის ტვინის დორსო-ლატერალური ზედაპირის გალიზიანებისას ი. ბერიტაშვილი და ა. ბაკურაძე მამოძრავებელი ეფექტების გვერდით აღნიშნავენენ ზოგადი შეკავების აღმოცენებას [1, 2, 3]. ნ. ძიძიშვილის მონაცემების მიხედვით, კანის ტემპერატურული გალიზიანება სპინალური რეფლექსების შეკავებას იწვევს [4]. ზურგის ტვინის ჰისტოლოგიიდან ცნობილია, რომ ტემპერატურული აფერენტების კოლატერალები, რომლებიც ზურგის ტვინის დორსო-ლატერალურ უბანში გაივლიან, სინაფსებით ყელატინისებრ სუბსტანციაში მთავრდებიან [5]. ამ მონაცემებიდან გამომდინარე ი. ბერიტაშვილი და ა. ბაკურაძე ასკვნიან, რომ ზურგის ტვინის ზედაპირის დორსო-ლატერალურ უბანში გალიზიანებისას აგზნებაში მოდიან ტემპერატურული აფერენტები; მათი საშუალებით აქტივდება ყელატინისებრი ნივთიერება; წარმოიქმნება ნელი პოტენციალი, რამელიც, მოქმედებს რა მოტონირონებზე ანელექტროტონურად, თანახმად ი. ბერიტაშვილის ჰიპოთეზისა, იწვევს მათ შეკავებას [6].

ჩვენს წინანდელ ცდებში, ყელატინისებრი სუბსტანციის ჰიპოთეზის გალიზიანების პირობებში, გალიზიანების სხვადასხვა სისწორეზე სხვადასხვა ეფექტი მიიღებოდა: 1—2 Hz სისწორით გალიზიანება იწვევდა კუნთების ერთხელობრივ შეკუმშვებს გალიზიანების რიტმით. გალიზიანების გახშირება 5—7 Hz-ზე მოძრაობითი ეფექტების გაქრობას იწვევდა. ამ ფონზე მცირდებოდა უკანა ფესვის გალიზიანებით გამოწვეული რეფლექსებიც. ჩვენ მივღეთ იმ დასკვნამდე, რომ რეფლექსურ რეაქციათა შემცირება განპირობებულია ყელატინისებრი სუბსტანციის აგზნებით, რაც მამოძრავებელი ნეირონების შეკავებას იწვევს.

გალიზიანების სხვადასხვა სისწორეზე ზემოთ აღნიშნული ორგვარი ეფექტის აღმოცენება იმით ავსენით, რომ ელექტრული დენით ყელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანებისას აქტივდებიან როგორც შემაკავებელი ელემენტები (ყელატინისებრი უჯრედები), რომლებიც უშუალოდ მიკროელექტროდების ირგვლივ ძდებარობენ. ისე ახლოს გამავალი აფერენტული ბოჭკოები.

გალიზიანების დაბალი სისწორისას (1—2 Hz) შემაკავებელი ელემენტები სუსტად აქტივდებიან, რის გამოც აფერენტულ ბოჭკოთა აგზნებით განპირობებული მოძრაობითი რეაქციები შეკავების კვალის გარეშე ვლინდებიან. გალიზიანების გახშირებასთან ერთად ძლიერდება შემაკავებელ ელემენტთა აგზნება, ძლიერდება მათი შემაკავებელი გავლენა მოტონირონებზე, რის გამოც მოძრაობითი ეფექტები კავდებიან.

წინამდებარე შრომის მიზანია ზემოაღნიშნული შეკავების ხასიათისა და მისი გავრცელების ფარგლის შესწავლა.

მეთოდოკა

ცდებს ვატარებდით კატის ლუმბალურ პრეპარატზე. ეთერის ნარკოზით ვხსნიდით ზურგის არხს და გულ-მკერდის უკანასკნელი სეგმენტის დონეზე ვჭრიდით ზურგის ტვინს. უკანა ფესვებს ვკვეთდით და მათ ცენტრალურ ნაწილს ვათავსებდით ვერცხლის ბიპოლარულ ელექტროდებზე გასალიზიანებლად. ზურგის ტვინის რუხ ნივთიერებას ვალიზიანებდით სწორკუთხა იმპულს-

სებით ფოლადის მიკროელექტროდის საშუალებით, რომლის დიამეტრი 15—20 მიკ. უდრიდა. ზურგის ტვინში მიკროელექტროდის არაიზოლირებული წვერის ადგილმდებარეობას განვსაზღვრავდით ცდის შემდეგ ჰისტოლოგიურ ანათლებზე. კომოგრაფზე ვწერდით უკანა კიდურების ანტაგონისტური კუნთების ექვანიკურ ეფექტებს.

ცდის შედეგები

გავაწეოთ განყოფილების უკანა ფესვების გაღიზიანებით ვიწვევდით ერთხელობრივ რეფლექსურ შეკუმშვებს. გაღიზიანების სათანადო ძალის შემთხვევაში ერთხელობრივი ეფექტები აღმოცენდება ორივე ანტაგონისტურ კუნთში (კანკის ტყუპი და ბარძაყის ოთხთავა კუნთი). ანტაგონისტური კუნთების რეაქციებზე ყელატინისებრი სუბსტანციის სუბსტანციის გავლენის გარკვევის მიზნით ამ სუბსტანციას ვაღიზიანებდით ანტაგონისტური კუნთების რეფლექსური შეკუმშვის ფონზე.

სურ. 1-ზე მოყვანილ ცდაში რეფლექსური ეფექტები მეშვიდე სეგმენტის მარცხენა უკანა ფესვის გაღიზიანებით გამოიწვევა (L—7s). იკუმშება ორივე კუნთი იფსილატერალურ მხარეზე, ამავე დროს შეკუმშვა უფრო ძლიერია მომხრელზე (Ss). რუხი ნივთიერების გაღიზიანება აღნიშნული ერთხელობრივი რეფლექსური ეფექტების ძლიერ შემცირებას იწვევს მომხრელზე. გამშლელზე (Qs) შეკავების ეფექტი სუსტად არის გამოხატული. ტვინის გაღიზიანების შეწყვეტის შემდეგ ერთხელობრივი შეკუმშვები ხელახლა აღმოცენდება მომხრელზე. მათი ამპლიტუდა საწყისთან შედარებით მომატებულიც კი არის. ეფექტების სუსტი გაადვილება აღინიშნება გამშლელზეც. რუხი ნივთიერებას მომდევნო გაღიზიანებათა დროს შეკავებისა და მიმყოლი გაადვილების მოვლენები ორივე კუნთზე აღინიშნება. შეკავება გამშლელზე განსაკუთრებით კარგად ვლინდება გაადვილებული ეფექტების ფონზე. მომხრელზე გაადვილება ტვინის გაღიზიანების შეწყვეტისთანავე ვითარდება, ხოლო გამშლელზე — საკმაოდ დიდი ფარული პერიოდის შემდეგ.

ამრიგად, ყელატინისებრი სუბსტანციის გაღიზიანებისას აღმოცენებული შეკავება, როგორც ეს სურათიდან ჩანს, ორივე ანტაგონისტური კუნთის შესაბამის მოტონეირონებზე ვრცელდება.

შემდეგმა ცდებმა ნათელიყო, რომ ყელატინისებრი სუბსტანცია გარკვეულ გავლენას ახდენს საწინააღმდეგო მხრის მოტონეირონებზეც. სურ. 2-ზე წარმოდგენილია ცდის შედეგები, რომლებიც ადასტურებს ამ სუბსტანციის გააქტივების გავლენას იფსი- და კონტრალატერალურ რეფლექსურ რეაქციებზე. პირველ ცდაში — 7 უკანა ფესვის გაღიზიანება ერთხელობრივ ეფექტებს იწვევს როგორც მომხრელზე, ისე გამშლელ კუნთზე. რუხი ნივთიერების გაღიზიანება ამ შეკუმშვების დებრესიას იწვევს ორივე კუნთზე; გამშლელზე დებრესია საწყისი მოძრაობითი ეფექტის ფონზე მიმდინარეობს (სურ. 2—A).

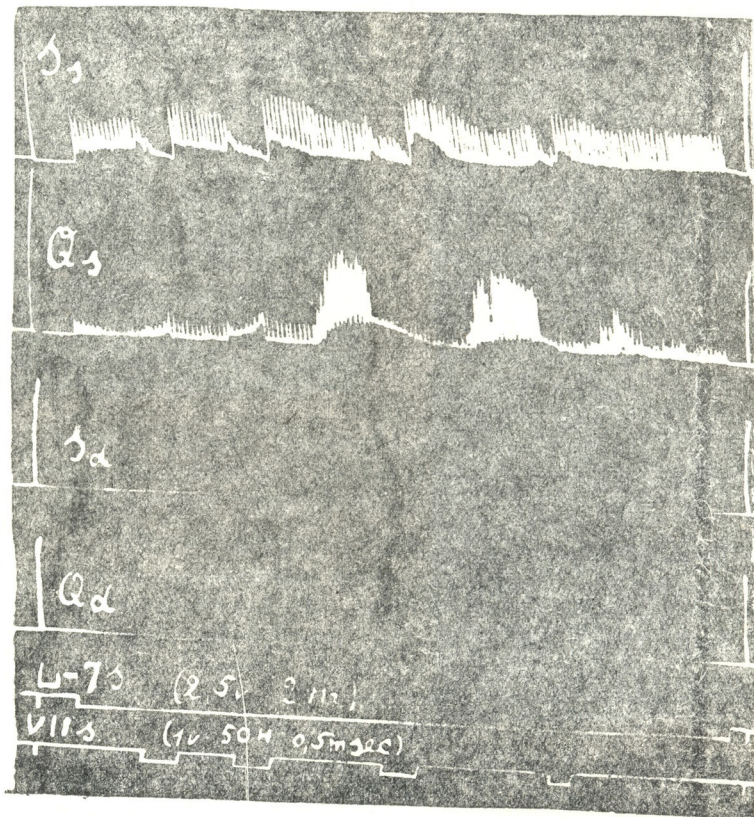
მეორე ცდაში მარცხენა ფესვის (L—7s) გაღიზიანება რეფლექსურ შეკუმშვებს მარცხენა გამშლელზე (Qs) იწვევს. მომხრელზე ეფექტი არ მიიღება. ზურგის ტვინის გაღიზიანება მარჯვენა მხარის იმავე წერტილში. როგორც ამას ადგილი ჰქონდა პირველ ცდაში, აკავებს ერთხელობრივ შეკუმშვებს. ზურგის ტვინის სტიმულაციის შეწყვეტის შემდეგ ვითარდება სუსტი გაადვილება (სურ. 2—B).

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ რუხი ნივთიერების გაღიზიანება ყელატინისებრი სუბსტანციის ფარგალში აკავებს როგორც იფსილატერალურ, ისე კონტრალატერალურ ერთხელობრივ რეფლექსებს.

ცდათა შემდგომ სერიაში, როცა რუხი ნივთიერების გაღიზიანება უუღლდებოდა სხვადასხვა სეგმენტის უკანა ფესვების გაღიზიანებას, გამოირკვა, რომ

ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანებისას გამოწვეული შეკავება არ შემოიფარგლება გალიზიანებული სეგმენტით, არამედ ვრცელდება მის გარეთ.

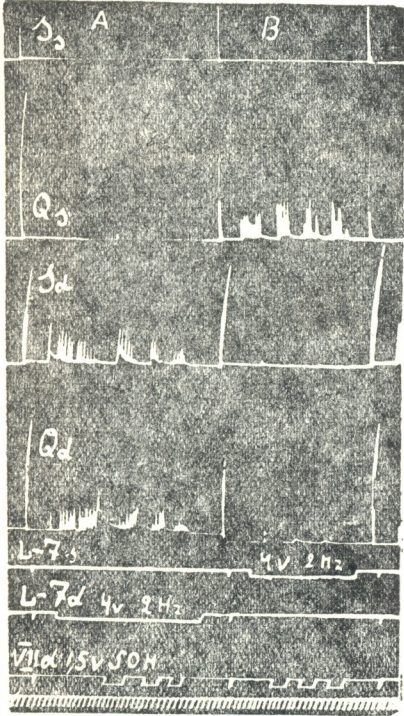
სურ. 3-ზე წარმოდგენილ ცდებში ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანება უშუალოდ შესაბამის და მეზობელი სეგმენტის იფსილატერალურ უკანა ფესვების გალიზიანებას. პირველ და მესამე ცდაში ლიზიანდება მეშვიდე მარ-



სურ. 1. ზურგის ტვინის ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანების გავლენა თანამოსახლე მხარის ანტაგონისტური კუნთების ერთხელობრივ რეფლექსურ შეკუმშვებზე. კომბინაცია იწერება ნახევრადმყესოვანი (S) და ოთხთავა (Q) კუნთის რეფლექსური შეკუმშვები მეშვიდე უკანა ფესვის (L—7s) გალიზიანების საპასუხოდ. ზედა სიგნალის ხაზი აღნიშნავს უკანა ფესვის გალიზიანებას, ქვედა—ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანებას (ასევე სხვა სურათებზეც)

ცხენა ფესვი (L—7s), რის შედეგადაც ერთხელობრივი შეკუმშვები აღმოცენდება მარცხენა მოძრელზე (სხვა კუნთებზე ეფექტი არ არის). (სურ. 3—A, C). ზურგის ტვინის გალიზიანების დამატების შედეგად მოძრაობითი ეფექტები მთლიანად ქრება. ამ გალიზიანების შეწყვეტის შემდეგ ეფექტები მცირედ აღვივლება. მეორე ცდაში რეფლექსური შეკუმშვები გამოიწვევა მეექვსე ფესვის (L—6s) გალიზიანებით. ზურგის ტვინის ტეტანიზაცია მეშვიდე სეგმენტის დონეზე აკავებს მოძრაობით ეფექტებს: მიმყოლი გაადვილება ამ შემთხვევაშიც სუსტად ვლინდება (სურ. 3—B).

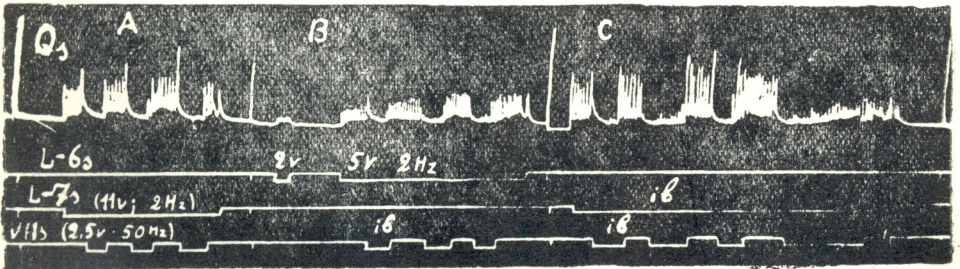
ქელატინისებრი სუბსტანციის შედარებით ხანგრძლივი გალიზიანების შემთხვევაში შეკავებული მოტორული ეფექტები კვლავ აღმოცენდება, რომელთა ამპლიტუდა თანდათან იზრდება (სურ. 3—C). ეს ფაქტი, ჩვენი აზრით, ქელატინისებრი სუბსტანციის დაღლაზე მიუთითებს. აღნიშნულის სასარგებლოდ ლაბარაკობს ის ფაქტიც, რომ ზოგიერთ ცდაში ხანმოკლე შესვენება



სურ. 2. ქელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანების გავლენა თანამოსახველ და საწინააღმდეგო მხრის კუნთების რეაქციებზე

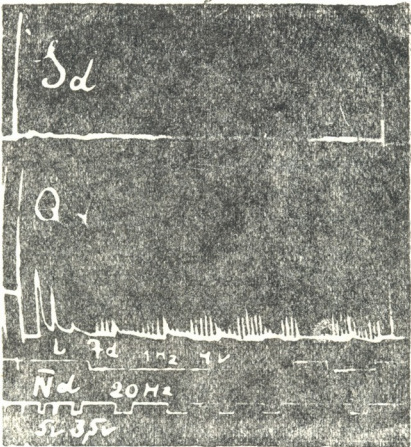
(ტენიის გალიზიანების შეწყვეტა) აღადგენდა ამ გალიზიანების შემაკავებელ უნარს.

სურ. 4-ზე ნაჩვენებია რუხი ნივთიერების გალიზიანების გავლენა შედარებით დაშორებული სეგმენტის ერთხელობრივ რეფლექსებზე. რეფლექსური შე-



სურ. 3. ქელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანების გავლენა მეზობელი სეგმენტების ერთხელობრივი სეგმენტების რეფლექსურ რეაქციებზე

კუმშვები მეშვიდე ფესვის გალიზიანებით გამოიწვევა (L—7d). ზურგის ტვინი ლიზიანდება მეოთხე სეგმენტში. როგორც სურათიდან ჩანს, ზურგის ტვინის გალიზიანებისას ერთხელობრივი ეფექტები კავდება.



სურ. 4. ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანების გავლენა დაშორებული სეგმენტის ერთხელობრივ რეფლექსებზე

ამგვარად, ზურგის ტვინის ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანება აკავებს არა მარტო შესაბამისი და მეზობელი სეგმენტის, არამედ დაშორებულ სეგმენტის ერთხელობრივ რეფლექსებსაც.

ცდის შედეგების განხილვა

ზემოთ განხილული ფაქტობრივი მასალიდან ნათლად ჩანს, რომ ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანება 20—50Hz სიხშირით აკავებს ერთხელობრივ რეფლექსურ შეკუმშვებს, გამოწვეულს უკანა ფესვების გალიზიანებით. ამავ დროს შეკავება მოიცავს როგორც შესაბამისი სეგმენტის იფსი- და კონტრატერალურ მოტონეირონებს, ისე სხვა სეგმენტების მოტონეირონებსაც, ანუ, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანებისას ზურგის ტვინში ზოგადი შეკავება აღმოცენდება.

ზურგის ტვინში ჟელატინისებრი სუბსტანციის გალიზიანებისას აღმოცენებული შეკავების გავრცელების მექანიზმი შეიძლება შემდეგნაირად აიხსნას: ლიტერატურაში ცნობილია, რომ წვრილი ჟელატინისებრი უჯრედების აქსონები ნაწილობრივ იტოტებიან და მთავრდებიან იმავე სეგმენტის რუხ ნივთიერებაში. ნაწილი აქსონებისა გამოდის რუხი ნივთიერებიდან უკანა სვეტებში და აქ იღებს ამავალ ან დამავალ მიმართულებას. ზოგჯერ ისინი იტოტებიან დიქოტომურად და ბოჭკოებს ავზავნიან როგორც ამავალი, ისე დამავალი მიმართულებით. ვრცელდებიან რა ორი-სამი სეგმენტის ფარგალში, ეს ბოჭკოები კვლავ რუხ ნივთიერებაში იჭრებიან. ჩვენი აზრით, ისინი უნდა ბოლოვდებოდნენ (ნაწილობრივ მაინც) ისევე ჟელატინისებრ უჯრედებზე. ამრიგად იქმნება ნერვული წრეები, რომლებიც სხვადასხვა სეგმენტის ჟელატინისებრ უჯრედებს ერთიმეორესთან აკავშირებენ. აღნიშნული ნერვული წრეების კოლატერალები მიემართებიან წინა რქებისაკენ და სინაფსებით მთავრდებიან პირდაპირ, ან ჩადგმული ნეირონების საშუალებით მოტონეირონების დენდრიტებზე.

ამრიგად, ავხენბა, რომელიც გამოიწვევა ჟელატინისებრი სუბსტანციის წერტილოვანი გალიზიანებისას, შეიძლება გავრცელდეს მთელ ზურგის ტვინში.

კოლატერალების საშუალებით იგი გადაეცემა მოტონეირონების დენდრიტებს და აღიძვრის ნელი პოტენციალი, რომელიც, თანახმად ი. ბერიტაშვილის ჰიპოთეზისა [7], მოტონეირონის სხეულზე განლაგებული სინაფსების ბლოკს იწვევს; რეფლექსი კავდება.

საინტერესოა, რომ შეკავების გავრცელება ზურგის ტვინში (უფრო სწორად, აგზნების გავრცელება ზემოაღნიშნული ნერვული წრეების საშუალებით) შედარებით ადვილად ხდება, გალიზიანების ჯერ კიდევ ზომიერი ძალისა და დაბალი სიხშირის (5—9Hz) დროს. ამიტომ საფიქრებელია, რომ ქელატინისებრი ელემენტებისაგან შემდგარ ნერვულ წრეებს რეაქტიულობის მაღალი ხარისხი უნდა გააჩნდეს. ამისათვის ორი ხელშემწყობი პირობა არსებობს: თვით ქელატინისებრი უჯრედები მცირე ზომისაა, რის გამოც ეფექტური სივრცითი სუმაცია ადვილდება. გარდა ამისა, ლიტერატურაში ცნობილია, რომ ქელატინისებრი უჯრედის აქსონს მრავალი ტერმინალური დაბოლოება გააჩნია [8] და ამიტომ იგი სხვა უჯრედებზე უნდა მთავრდებოდეს არა ერთი სინაფსით, არამედ რამდენიმეთი. ეს გარემოება კი, თავის მხრივ, ხელს უნდა უწყობდეს მრავალი ქელატინისებრი უჯრედის სწრაფ აგზნებას.

დასკვნები

1. ქელატინისებრი სუბსტანციის პირდაპირი გალიზიანება ზუოგის ტვინის მოძრაობითი რეაქციების შეკავებას იწვევს. შეკავება არ იფარგლება გალიზიანებული სეგმენტით, არამედ ვრცელდება მის ფარგლებს გარეთ და მოიცავს როგორც მომხრელ, ისე გამშლელ რეფლექსებს, ანუ, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მას ზოგადი შეკავების ხასიათი აქვს.

2. ზურგის ტვინის გალიზიანების შეწყვეტის შემდეგ შეკავებას მოძრაობითი რეაქციების გაადვილება მოსდევს. გაადვილება გამშლელზე ზოგჯერ გარკვეული ფარული პერიოდის შემდეგ ვლინდება.

3. ქელატინისებრი სუბსტანციის ხანგრძლივი გალიზიანების შემთხვევაში შეკავებული მოტორული რეაქციები ხელახლა აღმოცენდება. მათი ამპლიტუდა თანდათან იზრდება; ყოველივე ეს ქელატინისებრი უჯრედების დაბოლოებაზე მიუთითებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.8.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. С. Беритов и А. Н. Бакурадзе. О действии ацетилхолина на спинной мозг. физиол. журн. СССР, т. 28, вып. I, 1940, стр. 3.
2. И. С. Беритов и А. Н. Бакурадзе. О действии механического раздражения на спинной мозг. Физиол. журн. СССР, т. 28, вып. I, 1940, стр. 18.
3. И. С. Беритов и А. Н. Бакурадзе. Характеристика рефлекторных реакции при электрическом раздражении спинного мозга. Труды института физиол., т. 5, Тбилиси, 1943.
4. Н. Н. Дзидзишвили. Явление общего торможения при температурных раздражениях кожи. Сообщ. Груз. Филиала АН СССР, т. I, № 3, 1940, стр. 217.
5. C. U. Ariens Kappers, G. C. Huber and E. C. Crosby. The Comparative Anatomy of the Nervous System of Vertebrates, Including Man. Vol. I, 1936.
6. И. С. Беритов. Возбуждение и торможение в центральной нервной системе с точки зрения её нейронно-нейропилного строения. Труды Ин-та физиол., т. 3, Тбилиси, 1937, стр. 21.
7. И. С. Бериташвили. О происхождении медленных потенциалов мозга. Гагрские Беседы, т. I, Тбилиси, 1949.
8. В. М. Бехтерев. Проводящие пути головного и спинного мозга, часть I, Москва—Ленинград, 1926.

ფიზიოლოგია

ა. გოგოშვილი

საირმის მინერალური წყლის კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე
მოკვლევების მექანიზმის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ბაკურაძემ 10.11.1958)

როგორც ცნობილია, საირმის მინერალური წყალი (წყაროები № 1 და № 3) ფართოდ გამოიყენება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტისა და საშარდე გზების რიგ დაავადებათა სამკურნალოდ.

ამ მინერალური წყლის სამკურნალო ჩვენება შედგენილია იმ ექსპერიმენტული და კლინიკური გამოკვლევების საფუძველზე, რომლებიც ჩატარებულია ჯერ კიდევ 1932—33 წლებში ა. წულუკიძის, დ. ცისკარიშვილას, თ. ავალიანისა და სხვების მიერ.

შემდგომი წლებში ექსპერიმენტულად შესწავლილია საირმის მინერალური წყლის № 3 და № 4 წყაროს გავლენა კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე (ნ. პეტრიაშვილი, გ. ჩიმაკაძე, ა. გოგოშვილი) და შარდის გამოყოფაზე (მ. ნოდია, ე. კვიციანიძე).

აღნიშნული გამოკვლევები ადასტურებს, რომ საირმის № 1 და № 3 მინერალური წყალი, მიღებულ საკვებთან ერთდროულად, აძლიერებს, ხოლო საკვების მიღებამდე ერთი საათით ადრე მიღებული საგრძნობლად აქვეითებს კუჭის სეკრეციულ მოქმედებას. ასევე დადგენილია, რომ საირმის მინერალური წყალი კუჭის წვენის გამოყოფის დამოუკიდებელი ამგზნებელიცაა.

აღნიშნული გამოკვლევები, რასაკვირველია, ზოგად წარმოდგენას იძლევა ამ წყლის კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე გავლენის შესახებ, მაგრამ კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე მისი მოქმედების მექანიზმის საკითხი დღემდე არ არის გაშუქებული. მივიღეთ რა მხედველობაში ეს გარემოება, ჩვენ წინამდებარე შრომაში მიზნად დავისახეთ გავვერკვია კუჭის ზემოთ აღნიშნულ ფუნქციაზე საირმის მინერალური წყლის მოქმედებას მექანიზმის ზოგიერთი საკითხი.

თანამედროვე მონაცემების საფუძველზე საზოგადოდ, მინერალურ წყლების ორგანიზმზე მოქმედებაში წამყვანი როლი მიეკუთვნება რეფლექსურ მექანიზმს. ამიტომ ბუნებრივია, რომ ჩვენ პირველ რიგში შევისწავლეთ საირმის მინერალური წყლით გამოწვეული ის ძვრები, რომლებიც მოსალოდნელი იყო ამ წყლის პირის, კუჭისა და წვრილი ნაწლავის რეცეპტორებზე მოქმედებით, ე. ი. იმ რეცეპტორებზე, რომელთანაც მინერალური წყალი პერორალურად მიღებისას მოდის უშუალო კონტაქტში.

მეთოდები

ცდებს ვაყენებდით 6 ძაღლზე, რომლებსაც გაკეთებული ჰქონდათ იზოლირებული პატარა კუჭი პავლოვის წესით და კუჭის ფისტულა ბასოვის წესით ერთდროულად. გარდა ამისა, ორ ძაღლს ჰქონდა კიდევ დამატებით გაკეთებული 12-გოჯა ნაწლავის ფისტულა და აგრეთვე ყბაყურა სანერწყვე სადინარის ფისტულა.

ვსწავლობდით კუჭის სეკრეციულ ფუნქციას, რისთვისაც ვსაზღვრავდით გამოყოფილი კუჭის წვენი რაოდენობას საათობრივ (5 საათის განმავლობაში), წვენი მჟაობას (ტიტრაციული მეთოდით) და ფერმენტულ აქტივობას მეტის წესით.

საკვებ გამაღიზიანებლებზე (პური, რძე და ხორცი) სეკრეციული ფონის დადგენის შემდეგ ვიწყებდით ცდებს მინერალური წყლით, რომელსაც ვაძლევდით 150 მლ რაოდენობით სპეციალური შესასხამით პერორალურად, აგრეთვე შეგვყავდა უშუალოდ კუჭში და 12-გოჯა ნაწლავში კანულის გზით საკონტროლო ცდები ტარდებოდა წყალსადენის წყლით.

სპეციალურ სერიის ცდებში მინერალურ წყალს ვაძლევდით 150, 300 და 450 მლ რაოდენობით.

მინერალური წყლის მიერ გამოწვეულ ეფექტში ნერვული სისტემის როლის დადგენის მიზნით ვიყენებდით ატროპინს 0,1% — 1,0 მლ და ერგოტამინს 2 მგ კანქვეშ ნოვოკაინს 15,0 მგ კილოგრამ წონაზე — ვენაში.

ჩატარებული ცდების შედეგები

პირველი სერიის ცდებში საირმის მინერალური წყლები 150 მლ რაოდენობით შეგვყავდა ცხოველის კუჭში უზმოდ პერორალურად ან უშუალოდ კუჭში კანულის გზით.

ამ ცდებით გამოირკვა, რომ საირმის მინერალური წყალი, შეყვანილი უზმოდ უშუალოდ კუჭში, უფრო ძლიერად და ხანგრძლივი დროით აღძრავს კუჭის სეკრეციას, ვიდრე პერორალურად შეყვანის შემთხვევაში.

წყალსადენის წყლის შეყვანა რაიმე განსხვავებულ ეფექტს არ იძლევა; საერთოდ კი საირმის მინერალური წყალი უზმოდ უფრო ძლიერ აღაგზნებს კუჭის სეკრეციას, ვიდრე წყალსადენის წყალი.

ამ ცდებიდან გამომდინარეობს ის, რომ საირმის მინერალურ, ისევე როგორც წყალსადენის მტკნარ წყალს, აქვს უნარი აღძრას კუჭის სეკრეცია, ე. ი. არის კუჭის სეკრეციული მოქმედების დამოუკიდებელი ამგზნებელი და მის მიერ გამოწვეული ეს ეფექტი, ვფიქრობთ, განპირობებულია კუჭის რეცეპტორებზე მისი მოქმედებით.

ამიტომ შემდგომი სერიის ცდებში საირმის მინერალურ წყალს ვასხურებდით უზმოდ მყოფი ცხოველების პირის ღრუს და ცდებს ვატარებდით აგრეთვე წყლის ვითარის დალევით პირის ღრუს მოსხურების დროს და საირმის ვითარის დალევისას კუჭის წვენი არ გამოიყოფოდა, მაგრამ ამავე დროს ადგილი ჰქონდა ნერწყვის გამოყოფას.

ეს მოწმობს, რომ საირმის მინერალურ წყალს არ ძალუძს მართო პირის ღრუს, ხახისა და საყლაპავის რეცეპტორების მოკლე ხნით გაღიზიანების შედეგად აღძრას კუჭის სეკრეცია და მისი მოქმედება ამ შემთხვევაში უკუსავდება ნივთიერებათა გავლენას ემსგავსება.

როგორც ჩვენი წინა გამოკვლევებით დადასტურდა, საირმის მინერალური წყალი, მიცემული საკვებთან ერთად, აძლიერებს კუჭის წვენი გამოყოფას. ამიტომ შემდგომი სერიის ცდებში ჩვენ ვსწავლობდით მინერალური წყლის გავლენას კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე მისი პერორალური გზით, უშუალოდ კუჭში და 12-გოჯა ნაწლავში შეყვანისას საკვების მიღებასთან ერთდროულად. ჩვენ ვფიქრობდით, რომ ეს ცდები საშუალებას მოგვცემდა დაგვედგინა ცალკეული რეფლექსოგენური ზონების როლი მინერალური წყლის კუჭის სეკრეციაზე გამაძლიერებელ მოქმედებაში — საკვებთან ერთდროულად მიღებისას (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

150 მლ საირმის მინერალური და წყალსადენის წყლის სხვადასხვა გზით შეყვანის გავლენა კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე, როდესაც საკვები ცხოველს ეძლევა წყლის მიღებასთან ერთდროულად (საშ. მონაცემები) (ძალი თერგი)

200 გრ. პურის ჭამისას						საირმის მინერალური წყლის პერორალური გზით შეყვანა და 200 გ პურის ჭამა				
დრო საათობით	ფარული პერიოდი წუთობით	წვენი ნობა მლ	მეაობა		მომწელებელი ძალა მმ	ფარული პერიოდი წუთ.	წვენი რაოდენ. მლ.	მეაობა		მომწელებელი ძალა მმ
			თავისუფ. მარილმჟავა	საერთო				თავისუფ. მარილმჟავა	საერთო	
I		3,3	68	112			4,1	78	120	
II		1,8	66	107			1,9	75	112	
III	7	0,9	57	92	4,6	9	1,2	67	100	5,4
IV		0,6	47	82			0,7	56	88	
V		0,6	41	74			0,5	49	79	
		7,2	63	97			8,4	72	112	

საირმის მინ. წყლის უშუალოდ კუჭში შეყვანა და 200 გ პურის ჭამა						საირმის მინ. წყლის 12-გოჯა ნაწლავში შეყვანა და 200 გ პურის ჭამა				
დრო საათობით	ფარული პერიოდი წუთ.	წვენი რაოდენ. მლ.	მეაობა		მომწელებელი ძალა მმ	ფარული პერიოდი წუთ.	წვენი რაოდენ. მლ.	მეაობა		მომწელებელი ძალა მმ
			თავისუფ. მარილმჟავა	საერთო				თავისუფ. მარილმჟავა	საერთო	
I		4,3	86	125	—	—	3,0	78	108	
II		2,5	84	121			1,5	74	109	
III	7	1,3	80	111	5,8	8	0,8	68	100	4,8
IV		0,7	51	82			0,7	50	83	
V		0,7	47	78			0,4	46	76	
		9,5	80	119			6,4	70	103	

აღნიშნულ ცდებით ირკვევა, რომ საკვებთან ერთდროულად საირმის მინერალური წყლის მიცემისას კუჭის სეკრეციული ფუნქციის გაძლიერება შესამჩნევი ხდება წყლის პერორალური და უშუალოდ კუჭში შეყვანის შემთხვევაში. ამასთან მინერალური წყლის უშუალოდ კუჭში შეყვანისას, როდესაც გამორიცხულია პირის ღრუსა და საყლაპავის რეცეპტორებზე წყლის მოქმედება და, უნდა ვიფიქროთ, ადგილი აქვს მხოლოდ კუჭისა და ნაწლავების რეცეპტორების გაღიზიანებას, მაშინ გამაძლიერებელი ეფექტი უფრო ძლიერადაა გამოხატული. ორივე შემთხვევაში კუჭის წვენი საერთო მეაობის, თავისუფალი მარილმჟავასა და ფერმენტული აქტივობის მომატება კარგადაა გამოხატული. აქვს უნდა აღინიშნოს, რომ კუჭის სეკრეციული ფუნქციის მხრივ ცვლილებები უკეთ გამოხატულია დაკვირვების პირველ ორ საათში.

საირმის მინერალური წყლის 12-გოჯა ნაწლავში შეყვანა და საკვების მაშინვე მიცემა სრულიად არ იძლევა კუჭის სეკრეციული ფუნქციის გაძლიერებას, პირიქით, შეიძლება აქ ვილაპარაკოთ მის დაკნინებაზედაც კი. მოყვანილი ცდები მიგვითითებს, რომ საირმის მინერალური წყლით პირის ღრუს, საყ-

ლაბავისა და კუჭის რეცეპტორების გაღიზიანება გარკვეულ როლს ასრულებს კუჭის სეკრეციული ფუნქციის გაძლიერებაში.

პირის ღრუს რეცეპტორების როლის დაზუსტების მიზნით ჩვენ ჩავატარეთ სპეციალური ცდები, რომლებშიც წარმოებდა საირმის მინერალური წყლით პირის ღრუს მოსხურება უშუალოდ ჭამის წინ (იხ. ცხრილი 2).

ამ ცდებით ირკვევა, რომ საირმის მინერალური წყლით პირის ღრუს მოსხურება და მაშინვე საკვების მიცემა პირველ 2—3 ღლის განმავლობაში იწვევს კუჭის წვენის გამოყოფის შემცირებას, განსაკუთრებით დაკვირვების პირველ საათში. ამასთან ერთად აღვნიშნავთ აქვს სეკრეციის ფარული პერიოდის გახანგრძლივებას წვენის საერთო მუაობის, თავისუფალი მარილმჟავასა და მომწელებელი ძალის დაქვეითებას. დაკვირვების შემდეგ დღეებში აღინიშნება კუჭის სეკრეციის გაძლიერება, წვენის რაოდენობის მომატებასთან ერთად მატულობს მისი საერთო მუაობა, თავისუფალი მარილმჟავა და მომწელებელი ძალა.

ეს მონაცემები მოწმობს, რომ საირმის მინერალური წყალი პირის ღრუს რეცეპტორებზე პირველად მოქმედებს როგორც უკუსაგდები ნივთიერება და იწვევს კუჭის სეკრეციის შეკავებას, შემდგომ კი, როდესაც საირმის მინერალური წყლით პირის ღრუს მოსხურება საკვების მიღების პირობით სიგნალად იქცევა, მაშინ უკვე იძლევა კუჭის სეკრეციული ფუნქციის გაძლიერებას (ა. ბაკურაძე და ა. გოგოშვილი).

შემდგომი სერიის ცდებში ჩვენ მინერალური წყალი შეგვყავდა პერორალური გზით უშუალოდ კუჭში და 12-გოჯა ნაწლავში საკვების მიღებამდე 1 საათით ადრე. ამით შევეცადეთ გავვერკვია საჭმლის მომწელებელი ტრაქტის სხვადასხვა რეცეპტორული ველის როლი მინერალური წყლის კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე შემაკავებელ მოქმედებაში (იხ. ცხრილი 3).

ჩატარებული ცდებით ირკვევა, რომ საკვების მიღებამდე ერთი საათით ადრე პერორალურად მიცემული საირმის მინერალური წყალი იწვევს კუჭის სეკრეციის უფრო ძლიერ შეკავებას, ვიდრე უშუალოდ კუჭში შეყვანის შემთხვევაში. ამავდროულად 12-გოჯა ნაწლავში შეყვანილი საირმის მინერალური წყალი უფრო მეტად იძლევა კუჭის წვენის გამოყოფის შემცირებას, ვიდრე პერორალურად ან უშუალოდ კუჭში შეყვანის შემთხვევებში აღნიშნული ეფექტი კარგად ვლინდება დაკვირვების პირველ ორ საათში, ე. ი. კუჭის სეკრეციის რთულ რეფლექსურ ფაზაში. ამ მონაცემებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ საირმის მინერალური წყლის კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე შემაკავებელ მოქმედებაში (მისი მიღებისას ჭამის წინ 1 საათით ადრე) წამყვან როლს ასრულებს 12-გოჯა ნაწლავისა და, ალბათ, წვრილი ნაწლავის რეცეპტორული არეების გაღიზიანება.

მომდევნო სერიის ცდებში ვსწავლობდით სხვადასხვა რაოდენობის მინერალური წყლის შემაკავებელ გავლენას კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე მისი ჭამის წინ 1 საათით ადრე უშუალოდ კუჭში შეყვანისას. ამ შემთხვევაში ძალს მინერალური წყალი ეძლეოდა 150, 300 და 450 მლ რაოდენობით (იხ. ცხრილი 4).

ამ ცდებიდან გამოირკვა, რომ საირმის მინერალური წყლის ჭამის წინ 1 საათით ადრე მიცემისას წყლის რაოდენობის მომატების შესაბამისად ძლიერდება მისი შემაკავებელი გავლენა კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე.

შემდეგ ცდები ჩატარდა იმის გასარკვევად, თუ რა გზით ხორციელდება მინერალური წყლის მოქმედება კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე, ე. ი. რომელი ნერვები იღებენ მასში მონაწილეობას. ამ მიზნით ჩვენ გამოვიყენეთ ატროპინი, ერგოტამინი და ნოვოკაინი (იხ. ცხრილი 5).

ცხრილი 2

საირმის მინ. წყლით პირის ღრუს მოსხურების გავლენა კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე (5 დღის დაკვირვება) (ძალი ჯილდა)

	თიბუთილი საკმ	ფარული პერიოდი					გამოყოფილი წვეწის რაოდენობა მლ					მეაობა					მომწელებელი ძალა									
												დაკვირვების დღეები														
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
		200 გ პურის ჭამისას	I						8.0	7.5	7.4	7.7	7.5	115	110	114	109	119	154	154	150	165	180			
II							6.5	5.6	6.5	5.0	6.1	125	116	120	116	120	167	158	165	160	180					
III	6 ¹		7 ¹	6 ¹	6 ¹	6 ¹	4.5	4.5	4.0	4.8	5.5	120	120	115	110	123	160	171	167	157	174	4.6 მმ	4.5 მმ	5.0 მმ	4.5 მმ	5.0 მმ
IV							3.5	3.5	3.6	4.2	4.0	108	115	110	107	113	148	150	155	150	167					
V							3.7	3.7	3.7	4.8	3.0	98	110	108	100	109	135	155	150	152	164					
სულ							26.2	24.8	25.2	26.5	26.1	118	112	115	110	115	160	158	165	157	170					
საირმის მინ. წყლით პირის ღრუს მოსხურება 200 გ პურის ჭამა	I						5.5	5.0	4.6	9.7	10.8	92	97	95	123	128	144	150	155	183	180					
	II						5.6	5.5	5.2	7.1	7.6	100	110	109	127	134	150	160	160	187	198					
	III	8 ¹	8 ¹	7 ¹	6 ¹	6 ¹	4.8	5.0	5.0	4.6	4.7	80	102	101	112	115	144	142	149	168	174	3.5 მმ	4.0 მმ	4.0 მმ	5.0 მმ	6.0 მმ
	IV						3.0	4.5	3.4	4.2	4.2	71	74	74	109	112	138	134	133	169	168					
	V						2.0	3.5	3.9	3.9	3.7	67	70	69	96	107	126	128	125	151	155					
	სულ						20.9	23.5	22.1	29.5	31.0	95	100	104	125	130	140	150	156	179	185					



ცხრილი 3

200 გ პურის ჭამამდე 1 საათით ადრე 150 მლ წაირმის მინერალური წყლის სხვადასხვა გზით შეყვანის გავლენა კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე (საშუალო მონაცემები) (ძალი თერგი)

200 გ პურის ჭამისას					200 გ პურის მიღებ. 1 საათით ადრე საირმის მინ. წყლის პერორალური გზით შეყვანა					200 გ პურის მიღებამდე 1 ს. ადრე საირმის მინ. წყლის უშუალოდ კუჭში შეყვანა					200 გ პურის მიღებამდე 1 ს. ადრე საირმის მინ. წყლის 12-გაჯა ნაწლავში შეყვანა				
დრო საათობით	მეჯობა				ფარული პერიოდი წუგნის რაოდენ. მლ	მეჯობა				ფარული პერიოდი წუგნის რაოდენ. მლ	მეჯობა				ფარული პერიოდი წუგნის რაოდენ. მლ	მეჯობა			
	ფარული პერიოდი წუგნის რაოდენ. მლ	თავისუფ. HCl	საერთო	მომწელებელი ძალა		თავისუფ. HCl	საერთო	მომწელებელი ძალა	თავისუფ. HCl		საერთო	მომწელებ. ძალა	თავისუფ. HCl	საერთო		მომწელებელი ძალა	თავისუფ. HCl	საერთო	მომწელებელი ძალა
I	3.3	68	112		2.7	60	85		3.0	65	88		2.4	54	76				
II	1.8	66	107		0.8	54	79		1.0	57	86		0.9	50	70				
III	0.9	57	92	4.6	0.7	46	74	3.8	0.7	51	79	4.0	0.6	46	64	3.5			
IV	0.6	47	82	მმ	0.6	42	72	მმ	0.8	44	72	მმ	0.5	39	60	მმ			
V	0.6	41	74		0.6	41	69		0.5	41	67		0.4	33	58				
	7.2	63	97		5.4	52	78		6.0	58	85		4.7	48	72				

ცხრილი 4

სხვადასხვა რაოდენობის საირმის მინერალური წყლის ჭამის წინ 1 საათით ადრე მიცემის გავლენა კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე (საშ. მონაც.) (ძალი ცუგა)

	დრო საათობით	კუჭის წუგნის რაოდენ. მლ	მეჯობა		მომწელებელი ძალა მმ
			თავისუფ HCl	საერთო	
300 მლ რძის მიღებისას	I	3.8	98	143	6,8
	II	1.5	84	116	
	III	0.5	71	104	
	IV	0.4	52	86	
	სულ	6.2	85	133	
150 მლ საირმის მინ. წყლის მიღება, 300 მლ რძის მიღებამდე 1 ს. ადრე	I	2.5	84	192	5.9
	II	1.3	76	112	
	III	0.5	43	83	
	IV	0.5	38	77	
	სულ	4.8	75	118	
300 მლ საირმის მინ. წყლის მიცემა, 300 მლ. რძის მიღებამდე 1 ს. ადრე	I	2.1	80	123	5,6
	II	0.9	68	113	
	III	0.8	49	80	
	IV	0.3	40	67	
	სულ	4.1	72	116	
450 მლ საირმის მინ. წყლის მიცემა, 300 მლ რძის მიღებამდე 1 ს. ადრე	I	1.6	58	95	4,2
	II	0.9	59	102	
	III	0.5	45	85	
	IV	0.5	35	78	
	სულ	3.5	59	90	

ცხრილი 5

ატროპინისა და ერგოტამინის კანქვეშ და ნოვოკაინის ვენაში ინექციის შემდეგ კუჭში უზმოდ 150 მლ მინერალური წყლის შეყვანის გავლენა კუჭის სეკრეციაზე (საშუალო მონაცემები) (ძალი ცელქი)

	ფარული რილი	სეკრეც. ხანგრძლიობა	კუჭის წვენი რაოდენობა მლ	მჟაობა		მომწლებელი ძალა
				თავისუფ. HCl	საერთო	
უზმოდ კუჭში საირმის მინ. წყლის შეყვანა	10,5 ¹	127 ¹	2,2	32	73	4,6 მმ
უზმოდ ერგოტამინის ინექციის შემდეგ საირმის მინ. წყლის შეყვანა კუჭში	9 ¹	144 ¹	3,6	36	79	5 მმ
უზმოდ ატროპინის ინექციის შემდეგ საირმის მინ. წყლის შეყვანა კუჭში	—	—	—	—	—	—
უზმოდ ნოვოკაინის ინექციის შემდეგ საირმის მინ. წყლის შეყვანა კუჭში	—	—	—	—	—	—

ამ ცდებით დადგენილ იქნა, რომ პარასიმპათიკური ნერვული სისტემის ატროპინით გამოთიშვის შემდეგ საირმის მინერალური წყალი ვერ ახდენს კუჭის სეკრეციის აღძვრას. ერგოტამინიზებული ცხოველის კუჭში შეყვანილი მინერალური წყალი კი მეტი სიძლიერით და ხანგრძლივობით იწვევს კუჭის წვენის სეკრეციას.

რაკი ნოვოკაინი პირველ რიგში დამაძაბლავებლად მოქმედებს რეცეპტორულ აპარატებზე და ამასთან აფერხებს აგზნების გატარებას ინტერნეირონულ სინაფსებში (ზაკუსოვი), ხოლო ნოვოკაინის ინექციის შემდეგ მინერალურ წყალს არ შეუძლია ადაგზნოს კუჭის წვენის სეკრეცია, უნდა დაეუშვათ, რომ მინერალური წყალი პირველ რიგში უნდა მოქმედებდეს რეფლექსურად და კუჭის სეკრეციის აგზნებას ძირითადად უნდა ახორციელებდეს პარასიმპათიკური ნერვული სისტემის გზით.

დასკვნა

1. საირმის მინერალური წყალი № 3, პერორალური გზით უზმოდ შეყვანილი უფრო ძლიერ აღაგზნებს კუჭის სეკრეციას, ვიდრე წყალსადენის წყალი და ეს ეფექტი მაშინ უფრო ძლიერია, როდესაც მინერალური წყალი უშუალოდ კუჭშია შეყვანილი კანულის გზით. წყალსადენის წყალი არ იძლევა ამ მხრივ განსხვავებულ ეფექტს.

2. უზმოდ საირმის მინერალური წყლით პირის ღრუს მოსხურება ან მისი ვითარის დაღვევა არ იწვევს კუჭის წვენის გამოყოფას, მაგრამ ამ დროს ნერწყვის გამოყოფა ყოველთვის ხდება.

3. საკვებთან ერთდროულად მიცემული მინერალური წყალი, როდესაც ის კუჭში შეყვანილია პერორალურად ან კუჭის კანიულის გზით, ორივე შემთხვევაში იწვევს კუჭის წვენის გამოყოფის გაძლიერებას. ერთდროულად მატულობს წვენის მჟაობა და მომწლებელი ძალა. ეს ეფექტი უფრო მეტადაა გამოხატული, როდესაც წყალი უშუალოდ შეგვყავს კუჭში. 12-გოჯა ნაწლავში მინერალური წყლის შეყვანა და ერთდროულად საკვების მიცემა კუჭის სეკრეციული ფუნქციის გაძლიერებას არ იწვევს.

4. მინერალური წყლით პირის ღრუს მოსხურება და მაშინვე საკვების მიცემა დაკვირვების პირველი 2—3 დღის განმავლობაში იძლევა კუჭის წვენის გამოყოფის შემცირებას, ხოლო მომდევნო დღეებში გამოყოფილი წვენის რაოდენობა საგრძნობლად მატულობს. აღნიშნული ეფექტი უფრო მკვეთრად გამოხატული დაკვირვების პირველ საათში. წვენის რაოდენობის ცვლილების შესაბამისად იცვლება მისი საერთო მჟაობა, თავისუფალი მარილმჟავას რაოდენობა და წვენის მომწიფებელი ძალა.

5. საკვების მიღებამდე 1 საათით ადრე მიცემული მინერალური წყალი, როდესაც ის შეყვანილი იყო პირის ღრუდან, უშუალოდ კუჭში და 12-გოჯა ნაწლავში, იწვევს საკვებით აღძრულ კუჭის სეკრეციის შეკავებას, განსაკუთრებით დაკვირვების პირველ საათში, და ეს ეფექტი უფრო მკვეთრია მისი 12-გოჯა ნაწლავში შეყვანისას. კუჭის წვენის გამოყოფის შემცირებასთან ერთად კლებულობს წვენის საერთო მჟაობა, თავისუფალი მარილმჟავა და მომწიფებელი ძალა.

6. ჭამის წინ 1 საათით ადრე მიცემული საირმის მინერალური წყლის შემთავებელი მოქმედება კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე დამოკიდებულია მიცემული წყლის რაოდენობაზე. მიცემული წყლის რაოდენობის მომატებით (300—450 მლ) მატულობს მინერალური წყლის შემთავებელი გავლენა კუჭის სეკრეციულ მოქმედებაზე. ამასთან ერთად მცირდება წვენის საერთო მჟაობა, თავისუფალი მარილმჟავა და წვენის მომწიფებელი ძალა.

7. უზმოდ ატროპინისა და ნოვოკაინის ინექციის ფონზე მიცემული საირმის მინერალური წყალი კუჭის წვენის გამოყოფას არ იწვევს, ერგოტამინის ინექციის ფონზე მიცემული კი უფრო ძლიერად აღძრავს კუჭის სეკრეციას, ვიდრე მისი უზმოდ მიცემის შემთხვევაში უერგოტამინოდ.

აღნიშნული შედეგები მოწმობს, რომ კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე საირმის მინერალური წყლის გავლენა ხორციელდება ძირითადად ნერვული სისტემის მონაწილეობით რეფლექსურად.

საქართველოს კურორტოლოგიის
 სამეცნიერო-კვლევითი
 ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 12.11.1958)



მკვლევარ-მედიკოსი

ბ. სამსონიძე

რეპროდუქციის პროცესში მყოფი თირკმლის ფუნქციის ცვლილება
ბადიღებულ ფუნქციონალური დატვირთვის პირობებში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ზურაბაშვილმა 9.8.1958)

ჩვენ მიერ უკვე შესწავლილია რეგენერაციის პროცესში მყოფი თირკმლების ფუნქციის ცვლილება [1] ისეთ ვირთაგვებზე, რომლებზეც არავითარი დამატებითი ზემოქმედება არ ხდებოდა. ამ შრომაში მიზნად დავისახეთ გამოვიკვლიოთ, თუ როგორ მიმდინარეობს თირკმლის ფუნქციის აღდგენა გადიღებული ფუნქციონალური დატვირთვის პირობებში. წინასწარ ვირთაგვებს უკეთდებოდა ოპერაცია: მარჯვენა თირკმლის $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ ნაწილის რეზექცია და ერთდროულად მარცხენა თირკმლის მოცილება. ოპერირებულ ვირთაგვებში შეგვეყავდა შარდოვანა 0,74 გ რაოდენობით per os 9 საათზე, მაშინვე ოპერაციის შემდეგ და ოპერაციიდან 1, 2, 5, 11, 17, 23, 29, 35, 41, 47, 53, 59, 65, 71, 77, და 83-ე დღეს. ცდაში იმყოფებოდა 58 ვირთაგვა. დაკვირვების თითოეულ ვადაზე იკვლებოდა 4—7 ვირთაგვამდე. საცდელი ვირთაგვების ყოველ ჯგუფს ემატებოდა 2 საკონტროლო ვირთაგვა (სულ 26), რომლებიც აგრეთვე ღებულობდნენ შარდოვანით დატვირთვას.

ქვემოთ მოყვანილია შედეგები ვირთაგვების შარდის კლინიკური ანალიზისა, რაც შეგროვებულია დაკვლამდე 24 საათით ადრე (ოპერაციიდან 12 საათის შემდეგ დაკვლული ვირთაგვების ჯგუფში შარდი დაკვლამდე 12 საათით ადრე გროვდებოდა).

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, ოპერირებულ ვირთაგვებში (ისევე, როგორც წინა სერიის ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ღებულობდნენ) აღინიშნებოდა ნორმიდან საგრძნობი გადახრები, რომლებიც რიგი მაჩვენებლების მიხედვით ცდის ბოლომდეც კი არ გამოსწორდნენ, ე. ი. ოპერაციიდან 3 თვის შემდეგაც კი. პირველ რიგში შეიძლება აღინიშნოს დიურეზის მკვეთრი შემცირება, რის შემჩნევაც ცდის ბოლომდე შეიძლება.

ამასობაში ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ღებულობდნენ, დიურეზი ნორმას უკვე მე-5 დღე-ღამეს აღწევს. ამ დროს იმ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას ღებულობდნენ, დიურეზი მაქსიმალურადაა შემცირებული (ნორმასთან შედარებით საშუალოდ 7,9-ჯერ). საინტერესოა, რომ, მიუხედავად დიურეზის შემცირებისა, შარდის ხვედრითი წონა მცირდება და ნორმამდე დადის მხოლოდ 35-ე დღე-ღამეს, იმ დროს, როდესაც ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ღებულობდ-

ცხრილი 1
შარდის კლინიკური ანალიზის მონაცემების შეჯამებული ცხრილი შარდოვანით დატვირთულ ოპერირებულ ვირთაგვებში

ოპერაციის შემდეგ გავლილი დრო	დღელამური დიურეზი (მლ-ით)	ხვედრითი წონა	ცილის შემცველობა (%-ით)	ლეიკოციტების რაოდენობა (მხედველობის არეში)	ერიტროციტების რაოდენობა (მხედველობის არეში)
ნორმა	18,1	1031	0,062	0,5	0
ც და:					
12 საათი	3,1	1024	0,248	5—8	21—33
24 " "	3,5	1021	0,272	10—15	45—70
2 დღე-ღამე	9,9	1031	0,356	24—41	34—50
5 " "	2,3	1028	1,056	40—60	18—35
11 " "	7,4	1027	0,328	54—70	5—11
17 " "	10,8	1035	0,390	3—6	0
23 " "	6,0	1030	0,451	16—23	0
35 " "	8,3	1041	0,720	4—8	1—3
47 " "	7,3	1043	0,238	3—6	0
59 " "	9,7	1038	0,271	4—8	0
71 " "	7,6	1043	0,305	11—22	0
83 " "	12,9	1035	0,289	1—3	0
89 " "	15,5	1032	0,269	0—1	0

ნენ, ხვედრითი წონა ნორმამდე დადის გაცილებით ადრე (უკვე მე-2 დღე-ღამეს).

ცილის შემცველობა ოპერირებული ვირთაგვების შარდში მკვეთრად მატულობს. თუმცა ცილის შემცველობის ცვლილების დინამიკა სავსებით როდი შეესაბამება იმას, რაც შემჩნეულია იმ ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ. ამან თავი იმაში იჩინა, რომ ვირთაგვებში, რომლებიც დატვირთვას ლებულობდნენ, ცილის შემცველობის მომატების მრუდი ნაკლებად მკვეთრია. იგი ისეთ სიდიდეს ვერ აღწევს, როგორც ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ. იმავე დროს ვირთაგვებში, რომლებიც დატვირთვას ლებულობდნენ 17-დან 59 დღემდე პერიოდში ცილის შემცველობა საგრძნობლად მაღალია (მაგალითად, 35-ე დღე-ღამეს — თითქმის 5-ჯერ).

ყურადღებას იმსახურებს ოპერირებული ვირთაგვების შარდში ერიტროციტების დიდი რაოდენობით არსებობა, რომელიც მაქსიმუმს ოპერაციიდან 24 საათის შემდეგ აღწევს. 47 დღე-ღამის შემდეგ შარდში ერიტროციტების აღმოჩენა ვეღარ ხერხდება. ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არა ლებულობდნენ, ერიტროციტების მაქსიმალური რაოდენობა მე-5 დღე-ღამეს აღინიშნება და მათი სრული გაქრობა კი ოპერაციიდან 23-ე დღე-ღამეს.

საკონტროლო ვირთაგვებმა, რომლებიც შარდოვანას საცდელ ვირთაგვებთან ერთდროულად ლებულობდნენ და იკვლებოდნენ მათთანვე ერთდროულად (ორ-ორი ვირთაგვა დაკვირვების თითოეულ ვადაზე), გვიჩვენეს შედეგები, რომლებიც ნორმისაგან არ გამოირჩეოდნენ.

ქვემოთ შოყვანილია შარდისა და სისხლის შრატის ბიოქიმიური ანალიზის შედეგები.

ცხრილი 2

შარდისა და სისხლის შრატის ბიოქიმიური ანალიზის მონაცემების შეჯამებული ცხრილი

ოპერაციის შემდეგ გავლილი დრო	კრეატინინი შარდ-დღე-ღამეში (მგ-ით)	ამონიაკის აზოტი შარდში (მგ-ით დღე-ღამეში)	შარდოვანას აზოტი		საერთო აზოტი		ქლორიდები	
			შარდში (მგ-ით დღე-ღამეში)	შრატში (მგ % -ით)	შარდში (მგ-ით დღე-ღამეში)	შრატში (მგ % -ით)	შარდში (მგ-ით დღე-ღამეში)	შრატში (მგ % -ით)
ნორმა . . .	14	29	177	25	241	57	114	386
ცდა:								
12 საათი	2	7	32	167	36	214	14	438
24 "	4	16	41	187	67	223	23	439
2 დღე-ღამე	7	151	17	140	183	193	19	442
5 დღე-ღამე	2	38	5	219	51	274	2	470
11 დღე-ღამე	7	77	16	133	104	185	46	456
17 დღე-ღამე	8	65	29	96	110	158	78	439
23 დღე-ღამე	5	69	33	71	115	105	50	455
35 დღე-ღამე	7	76	38	52	127	76	72	430
47 დღე-ღამე	7	90	43	36	150	65	81	421
59 დღე-ღამე	10	66	80	32	167	59	84	412
71 დღე-ღამე	8	44	104	28	169	57	103	404
83 დღე-ღამე	12	47	128	28	201	56	104	339
89 დღე-ღამე	13	44	143	28	214	57	107	398

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ოპერირებული ვირთავების შარდისა და სისხლის შრატის შედგენილობა შეცვლილი აღმოჩნდა.

კრეატინინის შემცველობა მთელი ცდის განმავლობაში შემცირებულია, აღწევს რა ნორმას მხოლოდ დაკვირვების ბოლოს (89-ე დღე-ღამე). იმ ოპერირებულ ვირთავებთან შედარებით, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ, კრეატინინის გამოყოფა გაცილებით უფრო გვიან დადის ნორმამდე.

ამონიაკის აზოტის შემცველობა მომატებულია მე-2 დღე-ღამეიდან დაწყებული, როდესაც იგი მაქსიმუმს აღწევს (ნორმაზე 5-ჯერ მეტს) და ნორმას აღარ უბრუნდება. იმ ოპერირებულ ვირთავებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ, ასეთი მკვეთრი მომატება არ ხდება. მოცემული სერიის ვირთავების სისხლის შრატში ამონიაკის აზოტი 22 დღე-ღამემდე შეიძლება იქნეს აღმოჩენილი.

შარდოვანას აზოტის შემცველობა ცდის დასაწყისიდანვე შემცირებულია (ეს შემცირება განსაკუთრებით კონტრასტულია იმ მომატების ფონზე, რომელსაც ადგილი აქვს საკონტროლო ვირთავებში შარდოვანას მიღების პირობებში). მეხუთე დღე-ღამეს იგი მინიმუმს აღწევს (დაქვეითებულია საშუალოდ 35 ჯერ). დაკვირვების შემდგომ ვადებში შარდოვანას აზოტის რაოდენობა თანდათანობით მატულობს და ცდის ბოლოსათვის ნორმას უახლოვდება, თუმცა მაინც უფრო დაბალ დონეზე რჩება. იმ ოპერირებულ ვირთავებთან შედარებით, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ, შარდოვანას აზო-

ტის გამოყოფა ყველა შემთხვევაში ჩამორჩება, ხოლო მეხუთე დღე-ღამეს საშუალოდ 18-ჯერ შემცირდა). სისხლის შრატში შარდოვანას აზოტის შემცველობა მკვეთრად მატულობს ცდის დასაწყისში და ნორმას მხოლოდ 59-ე დღე-ღამეს აღწევს.

საერთო აზოტის შემცველობა დაქვეითებულია მთელი ცდის განმავლობაში. მისი მინიმალური რაოდენობა ოპერაციიდან მე-5 დღე-ღამეზე მოდის. ამასობაში საკონტროლო ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას ლებულობდნენ, საერთო აზოტის რაოდენობა ცდის დასაწყისში (მე-5 დღე-ღამემდე) მომატებულია. სისხლის შრატში ნარჩენი აზოტის შემცველობა მომატებულია ცდის პირველი ნახევრის განმავლობაში. მხოლოდ 59-ე დღე-ღამისათვის აღწევს იგი ნორმას, მაშინ როდესაც საკონტროლო ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ, შრატის შედგენილობა არ ირღვევა.

ქლორიდების შემცველობა ერთბაშად მცირდება, აღწევს რა უმნიშვნელო სიდიდეს მე-5 დღე-ღამეს. შემდგომ იგი თანდათანობით მატულობს და ნორმას ცდის ბოლოსათვის აღწევს. სისხლის შრატში ქლორიდების შემცველობა მატულობს და ნორმას უახლოვდება ცდის ბოლოსათვის.

ცხრილი 3

თირკმლის ფუნქციის მაჩვენებლები

ოპერაციის შემდეგ გავლილი დრო	cm	F	R ⁰ /%	U	აციდობის მაჩვენებელი	დაფანგვის კოეფიციენტი	დაუხანგველობის კოეფიციენტი
ნორმა . . .	0,48I	1,407	99,10	0,012	12	73	17
ც დ ა:							
12 საათი	0,029	0,396	98,94	0,004	17	67	22
24 საათი	0,017	0,338	99,24	0,003	26	59	19
2 დღე-ღამე	0,009	0,547	98,80	0,007	82	9	10
5 დღე-ღამე	0,002	0,130	98,86	0,002	73	9	22
11 დღე-ღამე	0,008	0,528	99,10	0,005	72	15	15
17 დღე-ღამე	0,021	0,724	98,98	0,008	62	27	14
23 დღე-ღამე	0,032	0,454	99,14	0,004	60	28	14
35 დღე-ღამე	0,056	0,638	99,04	0,006	58	30	14
47 დღე-ღამე	0,085	0,654	99,24	0,005	61	28	12
59 დღე-ღამე	0,168	0,837	99,23	0,006	39	48	15
71 დღე-ღამე	0,265	0,778	99,28	0,006	26	61	14
83 დღე-ღამე	0,316	1,214	99,26	0,009	24	64	15
89 დღე-ღამე	0,351	1,358	99,21	0,011	21	67	14

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, შარდოვანასგან ერთ წუთში გაწმენდილი სისხლის რაოდენობა (Cm) შემცირებულია მთელი ცდის განმავლობაში. ყველაზე მეტად იგი შემცირებულია ოპერაციიდან მე-5 დღე-ღამეს (241-ჯერ), შემდგომ თანდათანობით მატულობს, მაგრამ ცდის ბოლოსათვის ნორმას მაინც ვერ აღწევს. იმ ოპერირებულ ვირთაგვებთან შედარებით, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ, სიდიდე Cm უფრო საგრძნობლადაა შემცირებული.

გორგლოვანი ფილტრაციის სიდიდე (F) შემცირებულია ცდის მეტი ნაწილის განმავლობაში, აღწევს რა ნორმას ოპერაციიდან 83 და 89 დღე-ღამეს. იგი აქ უფრო ნაკლებია, ვიდრე იმ ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ. სიდიდე $R\%_0$ ნორმის ფარგლებში მერყეობს, ისევე როგორც ოპერირებული ვირთაგვების კონტროლში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ. ერთ წუთში გამოყოფილი შარდის რაოდენობა (U) შემცირებულია მთელი ცდის განმავლობაში, აღწევს რა ნორმას ოპერაციიდან მხოლოდ 89-ე დღე ღამეს. სიდიდე U აქ გაცილებით უფრო დაბლაა, ვიდრე იმ ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ.

აციდოზის მაჩვენებელი მომატებულია მთელი ცდის განმავლობაში. კონტროლში, პირუკუ, ოპერაციის შემდგომ პირველ ხანებში აციდოზის მაჩვენებელი ქვეითდება, ხოლო შემდგომ ნორმის ფარგლებში მერყეობს. აციდოზის მაჩვენებელი აქ გაცილებით უფრო მაღლაა, ვიდრე იმ ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ. მხოლოდ ცდის ბოლოსათვის უტოლდება ერთმანეთს ორივე სიდიდე.

დაჟანგვის კოეფიციენტი შემცირებულია მთელი ცდის განმავლობაში, განსაკუთრებით მე-2 და მე-5 დღე-ღამეს. შემდგომ იგი თანდათანობით მატულობს, აღწევს რა 71—89 დღე-ღამეს სიდიდეს, რომელიც ნორმასთან ახლოსაა. იმ ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ, დაჟანგვის კოეფიციენტმა უფრო დაბალი მნიშვნელობა მიიღო.

დაუჟანგველობის კოეფიციენტი პირველი 5 დღე-ღამის განმავლობაში მომატებულია (მით უმეტეს, თუ გავითვალისწინებთ, რომ კონტროლში იგი ამ პერიოდში მცირდება), ხოლო ცდის შემდგომ პერიოდში, მართალია, შემცირებულია, მაგრამ ნორმასთან მაინც ახლოსაა. ეს კოეფიციენტი აქ უფრო ადრე მცირდება, ვიდრე იმ ოპერირებულ ვირთაგვებში, რომლებიც შარდოვანას არ ლებულობდნენ.

ამგვარად, შარდისა და სისხლის შრატის შედგენილობის ანალიზის მონაცემების განხილვა და მათი შედარება იმ მონაცემებთან, რომლებიც მიღებულია ჩვეულებრივ პირობებში მყოფ ვირთაგვებზე, გვიჩვენებს, რომ დაზიანებული თირკმელი მოწაჭებული აზოტური დატვირთვის პირობებში (შარდოვანას შეყვანა) ოპერაციიდან პირველ ხანებში ფუნქციის უფრო მეტად გამოხატულ დარღვევას განიცდის. ფუნქციის ეს დარღვევები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში რჩება და მათი აღდგენა შემდგომ პერიოდში ნელა მიმდინარეობს. თუმცა ოპერაციიდან მე-2—მე-3 თვის პერიოდში ზოგიერთ შემთხვევაში ხდება მკვეთრი გარდატეხა და ტრავმირებული თირკმლის ფუნქციონალური უნარი უფრო ინტენსიურად აღდგება და ნორმასაც უფრო მაღე უბრუნდება, ვიდრე ამას ადგილი ჰქონდა წინა ცდებში.

თბილისის სახელმწიფო
 სამედიცინო ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 9.8.1958)

დამოუკიდებელი ლიტმარატურა

1. გ. სამსონიძე. რეგენერაციის პროცესში მყოფი თირკმლის ფუნქციის ცვლილებანი-საბჭოთა მედიცინა, № 1, 1958.

მასპერინმენტული მიღწევა

მ. ბრეზგამი

მიტრალური მანკით დაავადებულ ავადმყოფთა გულის
რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების ცვლილებები კურორტ
წყალტუბოში მკურნალობის გავლენით

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ბაკურაძემ 2.7.1958)

ლიტერატურული მონაცემებით [1, 2], ცნობილია, რომ გულის მანკით დაავადებული ავადმყოფების წყალტუბოში მკურნალობისას მიიღება დადებითი ეფექტი.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ, რენტგენოკიმოგრაფიული მეთოდის საშუალებით შეგვესწავლა ორკარიანი სარქველის მანკით დაავადებულ ავადმყოფთა გულის ფუნქციური მდგომარეობის ცვლილება კურორტ წყალტუბოში მკურნალობის გავლენით.

დაკვირვება ჩატარებულია 40 ავადმყოფზე. მათ შორის 36-ს ქონდა მიტრალური მანკი (ორკარიანი სარქველის უკმარისობა და მარცხენა ვენური ხვრელის სტენოზი); აქედან 23 შემთხვევაში ჭარბობდა სარქველების უკმარისობა (1 ჯგუფი), 13 შემთხვევაში მარცხენა ვენური ხვრელის სტენოზი (2 ჯგუფი) და 4 ავადმყოფს ქონდა ორკარიანი სარქველის მანკი და აორტის სარქველების უკმარისობა (3 ჯგუფი). მამაკაცი იყო 14, ქალი 26. ასაკის მიხედვით: 15—20 წლამდე — 10 ავადმყოფი, 21—25 წლამდე — 9, 26—30 წლამდე — 8, 31—40 წლამდე — 8, 41—45 წლამდე — 2 და 46—50 წლამდე — 3 ავადმყოფი.

მანკის ეტიოლოგიურ ფაქტორად 34 ავადმყოფს ქონდა რევმატიზმი. დანარჩენ შემთხვევებში გულის სარქველოვანი აპარატის დაზიანების გამომწვევი მიზეზის დადგენა არ მოხერხდა.

დაავადების ხანგრძლივობა: 1 წლამდე დაუდგინდა 3 ავადმყოფს, 1—3 წლამდე — 5-ს, 4—6 წლამდე — 13-ს, 7—10 წლამდე — 9-ს, 11—15 წლამდე — 4-ს, 16—20 წლამდე — 4-ს, 20 წელზე ზევით 2 ავადმყოფს.

დაკვირვების ქვეშ მყოფ ყველა ავადმყოფს აღენიშნებოდა სისხლის მიმოქცევის უკმარისობის პირველი ხარისხი (გ. ლანგის კლასიფიკაციით).

მეთოდიკა

კლინიკური გამოკვლევის დამთავრების მეორე დღეს, დილით, 2-საათიანი დასვენების შემდეგ, ავადმყოფს უტარდებოდა გულისა და ფილტვების რენტგენოსკოპია. ავადმყოფი ამის შემდეგ მჯდომარე ისვენებდა 10 წუთს, ხოლო შემდგომ მას ვუზომავდით არტერიულ სისხლის წნევას, ვუთვლიდით პულსს და ვუღებდით პირველ რენტგენოკიმოგრამას. მეორე რენტგენოკიმოგრაფია წარმოებდა დოზირებული ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ. ამისათვის ჩვენ გამოვიყენეთ 30 სმ სიმაღლის სკამზე ასვლა-ჩამოსვლა 20-ჯერ ერთი წუთის განმავლობაში, ფიზიკური დატვირთვისა და რენტგენოკიმოგრამის გადაღების შემდეგ ვთვლიდით პულსს და ვზომავდით არტერიულ სისხლის წნევას.

ასეთივე გამოკვლევა ტარდებოდა მკურნალობის კურსის დამთავრების შემდეგ. რენტგენოკიმოგრამების გადაღება წარმოებდა ერთსა და იმავე ტექნიკურ პირობებში (დენის ძაბვა 75—80 კ-ვ, ძალა — 50—60 მა, ექსპოზიცია — 3 წამი, დაშორება ანტიკატოდლიდან კასეტამდე — 92 სმ).

მიღებულ რენტგენოკიმოგრაფიულ მონაცემებს ვუფარდებდით კლინიკურ მაჩვენებლებს, პირველ რიგში, სისხლის მიმოქცევის კომპენსაციის მდგომარეობას.

შ ე დ ე გ ე ბ ი დ ა მ ა თ ი გ ა ნ ხ ი ლ ე ა

მიტრალური მანკისათვის დამახასიათებელი რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემები ჯერ კიდევ არასაკმარისად შესწავლილი, ამიტომ გარდა იმისა, რომ შევისწავლეთ აღნიშნულ ავადმყოფთა გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების ცვლილებები კურორტ წყალტუბოში მკურნალობის შედეგად, ჩვენ განვიზრახეთ აგრეთვე აგვეწერა მიტრალური მანკისათვის დამახასიათებელი რენტგენოკიმოგრაფიული სურათი ჩვენი მასალის მიხედვით.

პირველი ჯგუფის ყველა ავადმყოფს აღენიშნებოდა განივი, სიგრძითი და ირიბი ზომების გადიდება. რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების მიხედვით 8 ავადმყოფს ქონდა გულის პირველი ტიპის პულსაცია, რვა ავადმყოფს — ნეორე და შვიდს — მესამე ტიპისა. ამ ჯგუფის ყველა ავადმყოფს აღმოაჩნდა მარცხენა პარკუჭის ზონის გადიდება (მინიმალური სიდიდე 5,5 ზოლი, მაქსიმალური — 10 ზოლი). მარცხენა პარკუჭის პულსაციის ამპლიტუდა ნორმალური ქონდა 6 ავადმყოფს (4,5—5 მმ). დანარჩენ 17 ავადმყოფს აღენიშნებოდა პულსაციის ამპლიტუდის შემცირება. მარცხენა პარკუჭის პულსური კბილები დეფორმირებული იყო ყველა შემთხვევაში. მარცხენა წინაგულის ზონას დაკავებული ქონდა 2—3 ზოლი, პულსაციის ამპლიტუდა მერყეობდა 1—3 მმ-ის ფარგლებში. ფილტვის არტერიის ზონა 6 ავადმყოფის რენტგენოკიმოგრაფიაზე არ დიფერენცირდებოდა ფილტვის კარის ზონის დამთხვევის გამო. დანარჩენ შემთხვევებში ზონის სიდიდე 1,5—3 ზოლს უდრიდა; პულსაციის ამპლიტუდა მერყეობდა 1—1,5 მმ-ის ფარგლებში. მარჯვენა სისხლძარღვოვანი ზონის არეში პულსაცია გამოხატული ქონდა 12 ავადმყოფს. მარჯვენა ქვედა რკალი გადიდებული აღმოაჩნდა ყველა ავადმყოფს (6—7 ზოლი). 13 ავადმყოფს მარჯვენა ქვედა რკალის ზედა ნაწილში აღენიშნებოდა წინაგულისა და ქვევით პარკუჭის კბილები. 6 ავადმყოფს მთელი რკალის არეში გამოხატული ქონდა წინაგულისა და პარკუჭის პულსაციის კომპონენტი. ამ ზონაში 4 შემთხვევაში იყო პულსაციის ამპლიტუდის მკვეთრი შემცირება, რამაც გააძნელა მათი მორფოლოგიური ანალიზი.

გულის ტონუსისა და შეკუმშვის უნარიანობის განსაზღვრისას, რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემებიდან მხედველობაში ვღებულობდით შემდეგს:

1. პულსის სისხშირეს გამოკვლევის ყველა ფაზაში (1 ფაზა — საწყისი მდგომარეობა, II ფაზა — ფიზიკური დატვირთვა);
2. პულსაციის ტიპსა და მის ცვლილებებს ფაზების მიხედვით;
3. გულის ზომებისა და გულის კიდეების ცალკეული ზონის პულსაციის ამპლიტუდის ცვლილებას;
4. რენტგენოკიმოგრამის კბილების მორფოლოგიურ ცვლილებებს.

გულის ფუნქციური მდგომარეობის განსაზღვრის დროს გამოვდიოდით შემდეგი ფიზიოლოგიური კანონზომიერებიდან: გულის კუნთის კარგი ფუნქციური მდგომარეობის დროს სისხლის წუთური მოცულობის გადიდება ხდება უპირატესად სისტოლური მოცულობის მომატებისა და გულის პულსაციის ზომიერად აჩქარების ხარჯზე. გულის ფუნქციური მდგომარეობის დაქვეითებისას,

პირიქით, — წუთური მოცულობის მომატება ხდება გულის პულსაციის ძლიერი აჩქარების ხარჯზე, სისტოლური მოცულობა რჩება უცვლელი, ან იკლებს.

აღნიშნული ძვრები სათანადოდ მოქმედებენ გულის რენტგენოკიმოგრაფიულ სურათზე. გულის კუნთის კარგი ფუნქციური მდგომარეობის დროს, ფიზიკური დატვირთვის შედეგად, კარდა გულის ცემის ზომიერად აჩქარებისა, აღნიშნება პულსაციის ამპლიტუდის მომატება და გულის ზომების შემცირება. მიოკარდიუმის ფუნქციური უქმარისობის დროს ხდება საწინააღმდეგო ხასიათის ძვრები, ვითარდება ძლიერი ტახიკარდია, გულის პულსაციის ამპლიტუდა მცირდება და გულის ზომები ხშირად იმატებს.

ავადმყოფები ღებულობდნენ წყალტუბოს თერმულ-აზოტიან-რადონულ აბაზანებს 20 წუთის ხანგრძლივობით დღეში ერთხელ ან დღეში თითოს და დღეგამოშვებით 2 აბაზანას, კურსზე 20—25 აბაზანას.

პირველ ჯგუფში შემავალი 23 ავადმყოფიდან, სადაც ჭარბობდა სარქველების უქმარისობა, მკურნალობის შედეგად, გულის ფუნქციური მდგომარეობა რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების მიხედვით გაუმჯობესდა 18-ს, მათ შორის 16 შემთხვევაში დადებითი რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემები დაემთხვა სისხლის მიმოქცევის კომპენსაციის აღდგენას, რომლის განსაზღვრაც ხდებოდა კლინიკური მონაცემებითა და სხვა სპეციალური გამოკვლევებით. 3 ავადმყოფს, მკურნალობის შემდეგ, გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემები არ შეცვლია (კლინიკურად გაეწერნენ გაუმჯობესებულ მდგომარეობაში) და 2 ავადმყოფს აღენიშნებოდა რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების გაუარესება (კლინიკურად — 1 გაეწერა გაუმჯობესებით და 1 უცვლელი მდგომარეობით).

მოგვყავს ერთი შემთხვევა: ავადმყოფი შ. გ. (ავადმყოფობის ისტ. № 917), 21 წლისა, მოსწავლე. აწუხებდა საერთო სისუსტე, გულის ძვრა, ქოშინი ფიზიკური დატვირთვის დროს, ადვილად იღლებოდა. 1949 წ. ავად იყო რევმატიული პოლიარტრიტი. 1954 წელს ქონდა რეციდივი.

ობიექტურად: ფიზიკურად კარგად განვითარებული. პულსი რითმული საშუალო აესებისა 80 წუთში, პერკუსიით — გულის მარცხენა საზღვარი ოდნავ გადიდებულია. აუსკულტაციით მწვერვალზე აღინიშნება სისტოლური და დიასტოლური შუილი, ფილტვის არტერიაზე მეორე ტონის აქცენტი. არტერიული სისხლის წნევა 110/60 მმ, საშუალო წნევა 85, ვენური — 115 მმ წყლის სვეტის სიმაღლისა, სისხლის ნაკადის სიჩქარე — 7 წამი. შეგუბებითი მოვლენები ფილტვებში, ღვიძლსა და ქვედა კიდურებში არაა გამოხატული.

გულმკერდის ღრუს ორგანოების რენტგენოსკოპია: მარცხენა პარაკუჭი ოდნავ გადიდებულია, კონფიგურაცია არაა შეცვლილი. რეტროკარდიული სივრცე დაიწვროებულია, პულსაცია — რითმული, აორტა — ნორმალური. ფილტვებში ცვლილებები არ აღმოჩნდა.

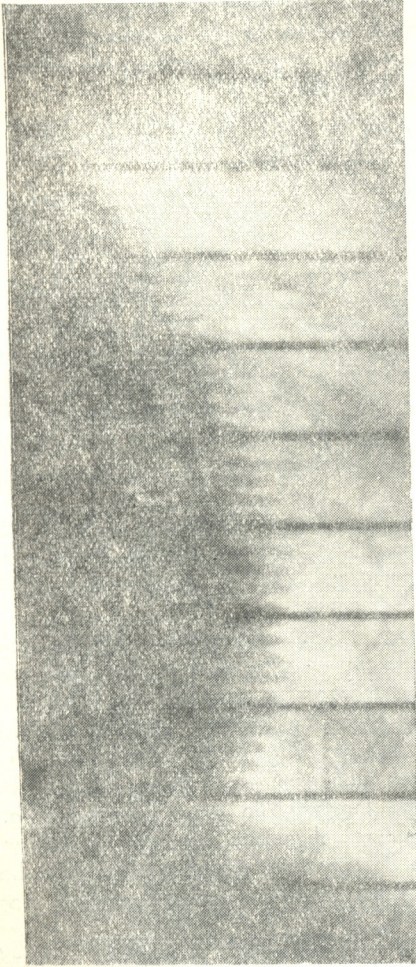
ლი ა ვ ნ ო ზ ი: ორკარიანი სარქველის უქმარისობა, მარცხენა ვენური ხერხლის სტენოზი. სისხლის მიმოქცევის კომპენსაციის მოშლის 1 ხარისხი.

წყალტუბოში მკურნალობდა 25 დღე. ღებულობდა დღეში ერთს და დღე-გამოშვებით 2 აბაზანას. გაეწერა კლინიკურად გაუმჯობესებულ მდგომარეობაში.

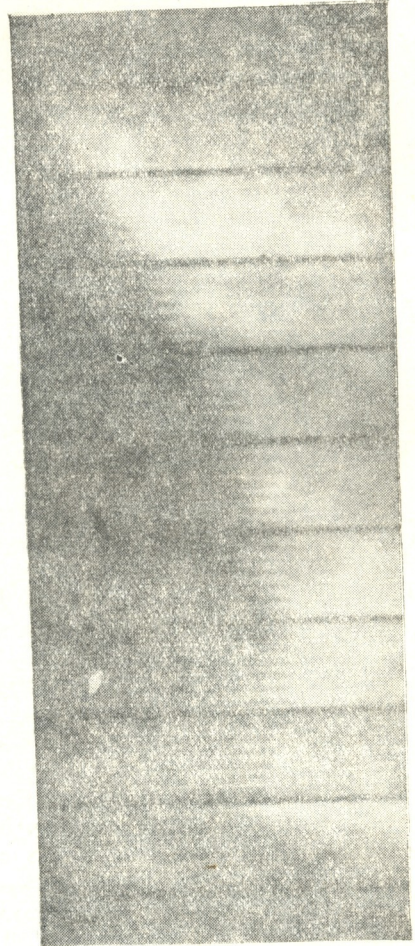
მკურნალობამდე: საწყის მდგომარეობაში გადაღებულ რენტგენოკიმოგრაფიაზე — მეორე ტიპის პულსაცია. მარცხენა პარაკუჭის ზონა გადიდებულია — უკავია 7 ზოლი (8,5 სმ). მარცხენა პარაკუჭის კალდალურ ხაწილში კბილების მწვერვალები მომრგვალებულია, პულსაციის ამპლიტუდა შემცირებულია (3,5 მმ), თითოეულ ზოლში — 4 კბილი (იხ. სურ. 1-ა). მარცხენა წინაგულისა და ფილტვის არტერიის ზონა არ დიფერენცირდება. მარჯვენა ქვედა ზონაში აღინიშნება მცირე ამპლიტუდის პულსაციური კბილები. პულსი — 80

წუთში. ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ ვითარდება ტახიკარდია, პულსის სიხშირე — 120 წუთში (იხ. სურ. 1-ბ).

მკურნალობის შემდეგ: საწყის მდგომარეობაში პულსის სიხშირე 69 წუთში (იხ. სურ. 1-გ). ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ 90 წუთში (იხ. სურ. 1-დ). პულსაციის ამპლიტუდა მკურნალობის შემდეგ მეტია, როგორც საწყის მდგომარეობაში.



სურ. 1-ა. ავადმყოფი შ. გ., მარცხენა პარკუჭის რენტგენოკიმოგრამა საწყის მდგომარეობაში, მკურნალობამდე

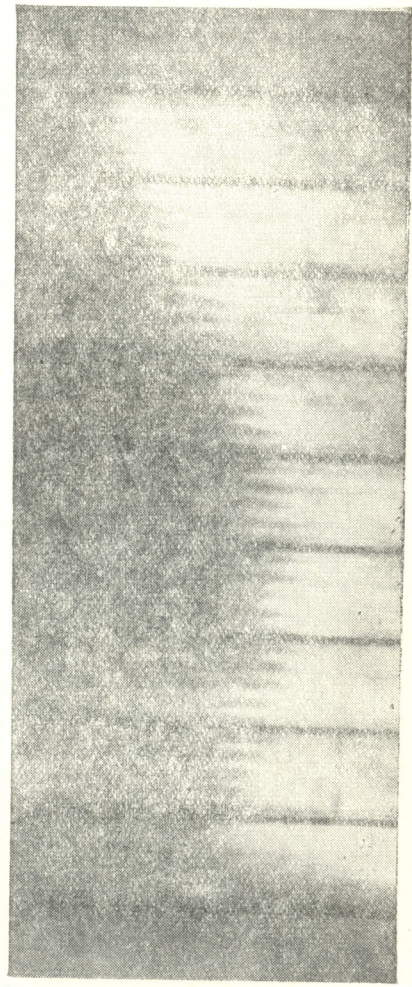
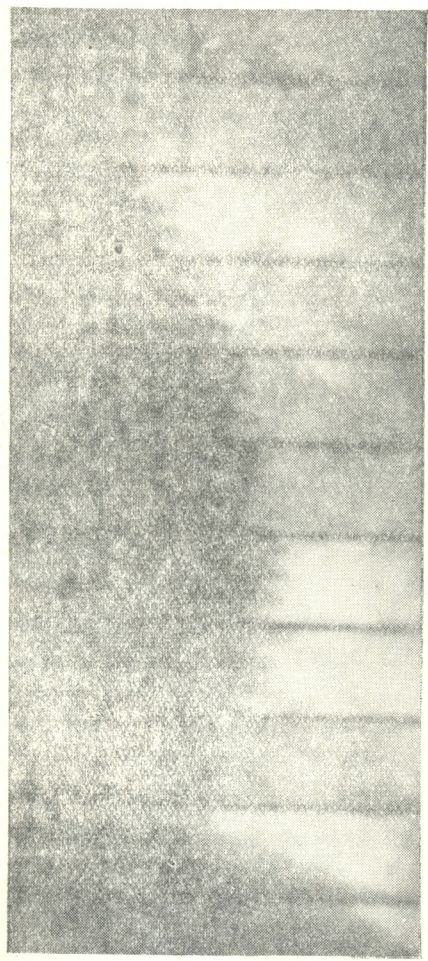


სურ. 1-ბ. ავადმყოფი შ. გ., მარცხენა პარკუჭის რენტგენოკიმოგრამა მკურნალობამდე, ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ

მარეობაში, ისე ფიზიკური დატვირთვის დამთავრებისას. გულის ზომები შემცირებულია. საწყის მდგომარეობაში პულსური კბილები ნაკლებად დეფორმირებულია, ვიდრე მკურნალობამდე. აღნიშნული მონაცემები მიუთითებს გულის ტონუსისა და შეკუმშვის უნარის გაუმჯობესებაზე.

მეორე ჯგუფის ავადმყოფებს (მარცხენა ვენური ხვრელის სტენოზის სიკარბე) აღნიშნებოდათ გულის განივი, სიგრძივი და ირიბი ზომების მომატე-

ზა: 9 ავადმყოფს ქონდა I ტიპის პულსაცია და 4 ავადმყოფს III ტიპისა. 10 ავადმყოფს აღმოაჩნდა მარცხენა პარკუჭის ზონის გადიდება (მინიმალური სიდიდე 5,5 და მაქსიმალური 8 ნაპრალი). მარცხენა პარკუჭის პულსაციის ამპლიტუდა შემცირებული ქონდა 10 ავადმყოფს. 3 შემთხვევაში იყო ნორმალური. მარცხენა პარკუჭის პულსური კბილები დეფორმირებული იყო 12 შემ-

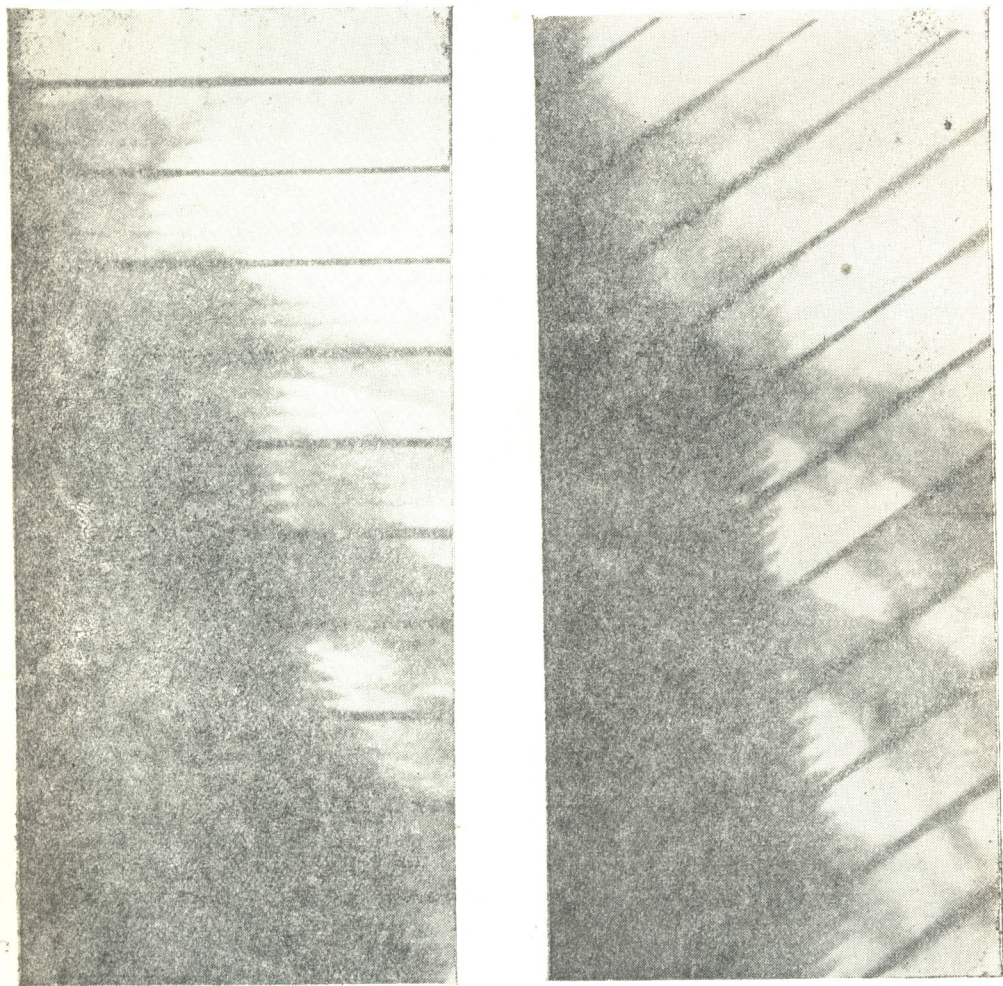


სურ. 1-გ. ავადმყოფი შ. გ., მარცხენა პარკუჭის რენტგენოკიმოგრაფია მკურნალობის შემდეგ საწყის მდგომარეობაში

სურ. 1-დ. ავადმყოფი შ. გ., მარცხენა პარკუჭის რენტგენოგრაფია მკურნალობის ბოლოს ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ

თხვევაში. მარცხენა წინაგულის ზონა 3—4 ზოლამდე გადიდებული აღმოაჩნდა ყველა გამოკვლეულ ავადმყოფს. პულსაციის ამპლიტუდა 1,5—4 მმ-ს უდრიდა. ხშირად აღინიშნებოდა მარცხენა წინაგულის ზონის გამოდრეკა. ეს უფრო გარკვევით ჩანს დახრილ რენტგენოკიმოგრაფიაზე. ასეთი გამოკვლევის დროს საშუალება გვაქვს რენტგენოკიმოგრაფიის ნაპრალი ზუსტად დავაყენოთ გულის გამოსაკვლევი კიდის პულსაციის მიმართულებით და მივიღებთ შეუცვლ-

ლი პულსური კბილები. მაგალითისათვის სურ. 2-ზე მოცემულია ავადმყ. ხ. ე.-ს მარცხენა წინაგულის რენტგენოკიმოგრამა ჩვეულებრივი გადაღების (ა) და დახრილი რენტგენოკიმოგრაფიის დროს (ბ). როგორც ჩანს, დახრილ რენტგენოკიმოგრამაზე მარცხენა წინაგულის ზონა დიფერენცირდება უკეთ და კბილები გამოხატულია უფრო მკაფიოდ.



სურ. 2. ავადმყოფი ხ. ე., მარცხენა წინაგულის ზონის ჩვეულებრივი რენტგენოკიმოგრამა (ა), დახრილი რენტგენოკიმოგრამა (ბ)

ფილტვის არტერიის ზონა მკაფიოდ ქონდა გამოხატული 11 ავადმყოფს (იკავებდა 2—4 ზოლს). პულსაციის ამპლიტუდა მერყეობდა 2—4 მმ-ის ფარგლებში და ჭარბობდა აორტის პულსაციის ამპლიტუდას.

მარჯვენა ქვედა რკალი გადიდებული ქონდა ყველა ავადმყოფს, იკავებდა 5—7 ზოლს. 9 ავადმყოფს ამ ზონის ქვედა ნაწილში აღენიშნებოდა პარკუჭისა და ზედა ნაწილში წინაგულის პულსაციის კბილები. 3 ავადმყოფს აღმოაჩინდა, როგორც წინაგულის, ისე პარკუჭის პულსაციის კომპონენტი ერთ შემ-

თხვევაში, პულსაცია ვარკვევით არ ჩანდა. მარჯვენა სისხლძარღვოვანი წნეულის ზონაში პულსაცია აღინიშნებოდა 5 შემთხვევაში.

მკურნალობის კურსის დამთავრების შემდეგ გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების გაუმჯობესება აღინიშნებოდა 12 ავადმყოფს. ყველა ამ ავადმყოფის გულის ფუნქციური მდგომარეობის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების გაუმჯობესებ. დაემთხვა სისხლის მიმოქცევის კომპენსაციის აღდგენას. 1 ავადმყოფს, რომელიც კლინიკური მონაცემების მიხედვით გაეწერა უცვლელ მდგომარეობაში, აღინიშნებოდა გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების გაუარესება.

მესამე ჯგუფის 4 ავადმყოფს ქონდა მიტრალური მანკი და აორტის სარქველების უკმარისობა. მათი გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების გაუმჯობესება დაემთხვა სისხლის მიმოქცევის კომპენსაციის აღდგენას.

ჩვენს მიერ გამოკვლეული ავადმყოფებიდან, კურორტ წყალტუბოში მკურნალობის შედეგად, გულის ფუნქციური მდგომარეობის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემები გაუმჯობესდა 34-ს, გაუუარესდა 3-სა და უცვლელი დაურჩა 3 ავადმყოფს.

კლინიკურ და რენტგენოკიმოგრაფიულ მონაცემებს შორის თანმთხვევა აღინიშნებოდა 32 შემთხვევაში. განსხვავებული მონაცემები მივიღეთ 8 შემთხვევაში.

დასკვნები

1. მიტრალური მანკით დაავადებულ ავადმყოფთა გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემები კურორტ წყალტუბოში მკურნალობის შედეგად უმჯობესდება: იმატებს პულსაციის ამპლიტუდა, მაღლა იწევს გულის კუნთის ტონუსი, უმჯობესდება შეკუმშვისა და ადაპტაციის უნარი;

2. გულის რენტგენოკიმოგრაფიული ძვრები, უმრავლეს შემთხვევაში ემთხვევა დაავადების კლინიკურ მონაცემებსა და მკურნალობის შედეგებს.

საქართველოს სსრ კურორტოლოგის

სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 2.7.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. А. Ва́леди́нский, Л. Д. Хаскин и др. Материалы ближайших результатов лечения на курорте Цхалтубо сердечно-сосудистых заболеваний и о механизме действия цхалтубских ванн, том I, Тбилиси, 1934.
2. Г. В. Цитланидзе и Е. И. Чилингаршвили. К вопросу о лечении больных с клапанными заболеваниями сердца в Цхалтубо. Сборник трудов, т. II, 1938.
3. А. И. Домбровский. Рентгенокимография сердца, 1938.
4. М. М. Владыски и Б. М. Сосина. Клиническая рентгенокимография сердца, 1939.

მასპარეზობის მეთოდები

ა. სისხარულიძე

შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის გავლენა ცხოველის ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციურ მდგომარეობაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ზურაბაშვილმა 4.12.1958)

ექსპერიმენტულად დადსტურებულია ორგანიზმის ბიოლოგიურ სითხეთა ტოქსიკურობა შიზოფრენიის დროს, განსაკუთრებით ამ დაავადების მწვავე პერიოდში [1, 2, 3, 4, 7, 11, 12].

3. ზოტოპოპოვის [7] აზრით, ჰიპნოიდური მდგომარეობა შიზოფრენიის დროს ჰუმორალურ-ტოქსიკური ბუნებისაა.

მთელი რიგი ავტორებისა თვლის, რომ შიზოფრენიის იხროს სისხლში დაგროვილ „ჰიპნოიდურ ნივთიერებებს“ ტვინი ანოქსიურ მდგომარეობაში გადაჰყავს [4, 7].

აღსანიშნავია, რომ ჩამოთვლილ გამოკვლევათა უმრავლესობა ჩატარებულია იზოლირებულ ორგანოებზე, ქსოვილებზე ან მწვავე ექსპერიმენტის პირობებში. ასეთ დროს, რა თქმა უნდა, დარღვეულია ორგანიზმის მთლიანობა და ძნელია მსჯელობა იმის შესახებ, თუ რამდენად არის ჩათრეული მოწამლის საერთო სურათში ცენტრალური ნერვული სისტემა (ცნს).

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიზნად დავისახეთ ქრონიკული ექსპერიმენტის, ცხოველის ორგანიზმის მთლიანობის პირობებში შეგვესწავლა შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის ტოქსიკური თვისებები, ამასთან პირველ რიგში გვანერგებოდა ავადმყოფთა პლაზმის ტოქსიკური მოქმედება ცხოველების (ძაღვების) ცნს-ზე. ცხოველის ცნს ფუნქციური მდგომარეობის შეფასება წარმოებდა ნერწყვისა და კუჭის წვენის პირობითი და უპირობო რეფლექსური სეკრეციის მიხედვით.

ავადმყოფთა სისხლის პლაზმის შეყვანით გამოწვეული ეფექტის განვითარებაში ვსწავლობდით აგრეთვე ტვინის ქერქქვეშა უბნებიდან—არასპეციფიკურ, დიფუზურ სისტემიდან ქერქისაკენ მიმავალ იმპულსაციის როლს. ამ მიზნით გამოიყენებოდა ამინაზინი, გამომდინარე იქიდან, რომ ამინაზინის მოქმედების ეფექტი ზოგადად ხორციელდება ტვინის ღეროს რეტოკულურ ფორმაციაზე მოქმედების გზით [5, 6, 8, 9, 10] და სპეციალურად კი — გამომდინარე იქიდან, რომ ამინაზინის შემაკავებელი და გამაადვილებელი მოქმედება სანერწყვე და კუჭის ჩირკვლებზე უნდა ხორციელდებოდეს რეტოკულური ფორმაციის გზით [8].

მეთოდიკა

ცდებს ვაყენებდით სანერწყვე ჩირკვლის სადინარის ქრონიკულ ფისტულიან და პავლოვის წესით იზოლირებულ პატარა კუჭის მქონე ძაღვებზე. ჯერ შევისწავლიდით ნერწყვის უპირობო რეფლექსურ სეკრეციას პირის ღრუში 0,25%.

იანი მარილმჟავას ხსნარის შეყვანისას (შეგვყავდა 10—10 მლ ხსნარისა 6-ჯერ. საცდელი ღლის განმავლობაში, 5 წუთის ინტერვალით). შემდეგ გადავიღოთ სანერწყვე პირობითი რეფლექსის გამომუშავებაზე ზარის ხმაზე. პირობითი გამლიზიანებელი უპირობო გამლიზიანებელს უსწრებდა 20 სეკუნდით და წყდებოდა მარილმჟავას ხსნარის შეყვანასთან ერთად.

ვსწავლობდით კუჭის წვეწის გამოყოფის მსგელობას საათობრივად 200 გ პურის ტამისას, წვეწის მჟავობას და საათობრივ პორციებში და წვეწის საერთო რაოდენობაში მომწლებელ ძალას მეტი სწისით.

ავადმყოფთა სისხლის პლაზმა შეგვყავდა 30—50 მლ რაოდენობით ძალის ბარძაყის გენაში. საკოტნროლო ცდებში გამოიყენებოდა ჯანმრთელი ადამიანების (დონორების) პლაზმა იმავე რაოდენობით. გადასხმული პლაზმის მოქმედებას ეფექტის შემოწმება იწყებოდა გადასხმიდან 15 წუთის შემდეგ.

მიღებული შედეგები

პირველ რიგში შევისწავლდით ჯანმრთელ დონორთა სისხლის პლაზმის მოქმედებას ნერწყვისა და კუჭის წვეწის სეკრეციაზე, შემდეგ ვიკვლევდით ამინაზინის პატარა და დიდი დოზების გავლენას ნერწყვისა და კუჭის წვეწის სეკრეციაზე. ამგვარად, ამ სერიის ცდებში ატარებდა გამოსავალ, საკონტროლო ხასიათს. მხოლოდ ამის შემდეგ გადავიღოთ შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის მოქმედების შესწავლაზე. ცვლილებები, რომელნიც ვითარდებოდნენ ნერწყვისა და კუჭის წვეწის სეკრეციაში, სამუალებას ვაძლივდნენ ცნს ეფექციურ მდგომარეობაზე გვემსჯელა.

გამოირკვა, რომ ჯანმრთელ დონორთა სისხლის პლაზმის (30—50 მლ) ინტერვენური შეყვანა ძალებში არ იწვევს რაიმე მნიშვნელოვან ცვლილებას ნერწყვის უპირობო და პირობით რეფლექსურ სეკრეციაში, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ნერწყვის უპირობო რეფლექსურ სეკრეციის ოდნავ ვაძლიერებას (იხ. ცხრილი 1) და კუჭის სეკრეციული მოქმედების უმნიშვნელო შეკავებას. ეს შეკავება ვლინდება სეკრეციის ფარული პერიოდის გახანგრძლივებასა და წვეწის საერთო რაოდენობაში მჟავობისა და მომწლებელი ძალის შემცირებაში (იხ. ცხრილი 2).

შემდგომი სერიის ცდებში შევისწავლეთ ამინაზინის პატარა (0,5—0,65 მგ/კგ) და დიდი (1:25—1,65 მგ/კგ) დოზის გავლენა ნერწყვის უპირობო და პირობით რეფლექსურ სეკრეციაზე და კუჭის სეკრეციულ მოქმედებაზე. აღმოჩნდა, რომ ამინაზინის პატარა დოზები იწვევს ნერწყვისა და კუჭის წვეწის სეკრეციის ვაძლიერებას მაშინ, როცა მისი დიდი დოზები აკავებს როგორც ნერწყვის სეკრეციის, ისე კუჭის სეკრეციულ მოქმედებას (იხ. მე-3 და მე-4 ცხრილები).

ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ამინაზინის ეს ეფექტები განხილულ უნდა იქნეს ამინაზინის გავლენით რეტიკულურ ფორმაციაზე, ხოლო ცვლილებები უკანასკნელში ნერწყვისა და კუჭის წვეწის გამომყოფ ცენტრებზე გავლენის გზით სათანადო ცვლილებებს უნდა იწვევდეს ნერწყვისა და კუჭის წვეწის გამოყოფაში [8].

შემდგომი სერიის ცდებში შევისწავლეთ შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის მოქმედება ცხოველის ნერწყვისა და კუჭის წვეწის სეკრეციაზე ცდებმა ვეჩვენა, რომ შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის შეყვანა ძალებში იწვევს ნერწყვის უპირობო და პირობით რეფლექსურ სეკრეციისა და კუჭის სეკრეციული მოქმედების ძლიერ შეკავებას. პლაზმის

დამახასიათებელი მოქმედება ყველაზე ძლიერ გამოვლინდება ნერწყვის პირობით რეფლექსური სეკრეციის მიმართ, შიზოფრენიის სხვადასხვა ფორმიდან ზემოაღნიშნული ეფექტი განსაკუთრებით მკვეთრად ელინდება შიზოფრენიის კატატონიური ფორმის ახალ, მწვავე შემთხვევებში (ის. 1 და 2 ცხრილები).

ცხრილი 1

ძალი მურია. სისხლის პლაზმის გავლენა ნერწყვის პირობით და უპირობო რეფლექსურ გამოყოფაზე

ნერწყვის სეკრეცია		იგივე, მხოლოდ ჯანმრთელ დონორის სისხლის შეყვანით		იგივე, მხოლოდ შიზოფრენიით დაავადებულის სისხლის შეყვანით	
პირობითი გამალიზიანებული	უპირობო გამალიზიანებული	პირობითი გამალიზიანებული	უპირობო გამალიზიანებული	პირობითი გამალიზიანებული	უპირობო გამალიზიანებული
0,5	1,3	0,6	1,5	0,2	0,5
0,5	1,4	0,6	1,5	0,1	0,6
0,6	1,4	0,5	1,6	0	0,4
0,7	1,2	0,6	1,4	0	0,4
0,6	1,1	0,5	1,6	0	0,4
0,4	1,2	0,5	1,5	0	0,3
3,3	7,6	3,3	9,1	0,3	2,6

ცხრილი 2

ძალი წაბლა. კუჭის წვეწის გამოყოფა საათობრივად 200 გ პურის ჭამისას

დრო საათობით	კუჭის წვეწის გამოყოფა 200 გ პურის ჭამისას				იგივე, მხოლოდ ჯანმრთელი დონორის სისხლის შეყვანით				იგივე, მხოლოდ შიზოფრენიით დაავადებულის სისხლის შეყვანით			
	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წვეწის რაოდ მლ-ით	თავისუფალი მარილმჟავა სატირაციო ერთ-ით	მომწვლბელი ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წვეწის რაოდ. მლ-ით	თავისუფალი მარილმჟავა სატირაციო ერთ-ით	მომწვლბელი ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წვეწის რაოდენობა მლ-ით	თავისუფალი მარილმჟავა სატირაციო ერთ-ით	მომწვლბელი ძალა მმ-ით
1	7	5,0	60	—	—	4,0	50	—	—	3,0	20	—
2		2,5	55	—	9	3,0	40	—	13	0,5	10	—
3		2,6	50	—	—	1,6	36	—	—	0,5	10	—
4		2,7	26	—	—	1,2	20	—	—	0,4	10	—
სულ		12,2	—	6,0	—	9,8	—	5,0	—	4,4	—	2,0

როგორც ვხედავთ, შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის გადასხმა ცხოველში იწვევს ნერწყვისა და კუჭის სეკრეციის დათრგუნვას.

ხაინტერესო იყო ასეთ ფონზე გვეცადა ამინაზინის პატარა და დიდი დოზის მოქმედება. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მცირე დოზებში ამინაზინი იწვევს



ნერწყვისა და კუჭის სეკრეციის გაძლიერებას, ხოლო მისი დიდი დოზები, პარიქით, აკნინებს როგორც ნერწყვის, ისე კუჭის წვენი გამყოფას. აღნიშნული კანონზომიერება ირღვევა, თუ წინასწარ ცხოველს შევუკვანთ ავადმყოფის სისხლის პლაზმას (30—50 მლ) და 20 წუთის შემდეგ ცხოველს კუნთებში შევუშნაუნებთ ამინაზინს. ასეთ შემთხვევაში ამინაზინის როგორც მცირე, ისე დიდი დოზები ერთნაირად აძლიერებს ნერწყვის პირობით რეფლექსური სეკრეციის დაკნინებას, რომელიც გამოიწვევა შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის შეყვანით. რაც შეეხება ნერწყვის უპირობო რეფლექსურ რეაქციას, ამინაზინის მცირე დოზები სპობენ შიზოფრენიით დაავადებულის სისხლის პლაზმის ტოქსიკურ ეფექტს სრულად. და პირიქით, ეს სეკრეცია გაძლიერებულია საკონტროლო ცდებთან შედარებით.

ამინაზინის მასტიმულირებელი გავლენა ავადმყოფის პლაზმის წინასწარი შეყვანის პირობებში ვრცელდება მხოლოდ უპირობო რეფლექსური ნერწყვის სეკრეციაზე.

შესაძლოა დავუშვათ, რომ ასეთი კომბინირებული ფონის პირობებში რეტიკულური ფორმაციის სტიმულაცია ამინაზინის პატარა დოზებითა და ამასთან დაკავშირებით აქედან მიმავალი იმპულსაცია მატონიზირებულ გავლენას ახდენს მხოლოდ უპირობო რეფლექსური რეაქციების დონეზე და ვერ აღწევს დიდი ჰემისფეროების ქერქის პირობით რეფლექსური მოქმედების მაღალ დონემდე.

ცდათ გარკვეულ სერიაში ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის მოქმედება ნერწყვისა და კუჭის წვენის სეკრეციაზე წინასწარ ცხოველებში ამინაზინის შეყვანის შემდეგ. ამ სერიის ცდებში ჩვენ გვაინტერესებდა ავადმყოფთა პლაზმის მოქმედების თავისებურება ამინაზინის ფონზე. ცხოველს კუნთში ვუშნაპუნებდით ამინაზინს, ხოლო 20 წუთის შემდეგ ვაწარმოებდით ინტრავენურად სისხლის პლაზმის შეყვანას.

ცხრილი 3

ძალი მურია. ავადმყოფთა პლაზმის გავლენა ნერწყვის პირობით და უპირობო რეფლექსურ გამყოფაზე

ნერწყვის სეკრეცია მარილმჟავაზე		იგივე, ამინაზინის 0,5 მგ/კგ შეყვანით		იგივე, ამინაზინის 1,5 მგ/კგ შეყვანით		იგივე, ავადმყოფის პლაზმის შეყვანით		იგივე, პლაზმის შეყვანით ამინაზინის 0,5 მგ/კგ ფონზე		იგივე, პლაზმის შეყვანით ამინაზინის 1,5 მგ/კგ ფონზე	
პირობითი გამაღიზ.	უპირობო გამაღიზ.	პირობითი გამაღიზ.	უპირობო გამაღიზ.	პირობითი გამაღიზ.	უპირობო გამაღიზ.	პირობითი გამაღიზ.	უპირობო გამაღიზ.	პირობითი გამაღიზ.	უპირობო გამაღიზ.	პირობითი გამაღიზ.	უპირობო გამაღიზ.
0,5	1,3	0,8	1,8	0,4	1,5	0,2	0,5	0,3	1,2	0,2	1,0
0,5	1,4	0,8	1,7	0,5	1,3	0,1	0,6	0,2	1,1	1,1	1,0
0,6	1,4	0,7	1,7	0,0	1,0	0,2	0,3	0,2	1,2	0,1	0,9
0,7	1,2	0,6	1,8	0,0	0,4	0	0,4	0,2	1,2	0,1	0,9
0,6	1,1	0,8	1,6	0,0	0,4	0	0,3	0,1	1,3	0,1	0,9
0,4	1,2	0,7	1,7	0,0	0,3	0	0,4	0,1	1,1	0,0	1,0
2,3	7,6	4,4	10,3	0,9	4,9	0,5	2,5	1,1	7,1	0,6	5,8



ძალი წაბლა. კუჭის წვეწის გამოყოფა საათობრივად 200 გ პურის ჭამისას

კუჭის წვეწის სეკრეცია 200 გ პურის ჭამისას		იგივე, ამინაზინის 0,5 მგ/კგ შეყვანით		იგივე, ამინაზინის 1,5 მგ/კგ შეყვანით		იგივე, ავადმყოფის პლაზმის შეყვანით		იგივე, პლაზმის შეყვანით ამინაზინის 0,5 მგ/კგ ფონზე		იგივე, პლაზმის შეყვანით ამინაზინის 1,5 მგ/კგ ფონზე	
1											
2	7										
3											
4											
	სულ										

მიზიარებულია დაბადებულია სისხლის პლაზმის გავლენა ცხოველებზე.

აღმოჩნდა, რომ ავადმყოფთა სისხლის პლაზმის შეყვანა ცხოველებში, რომელთაც წინასწარ ვუშხაუნებდით ამინაზინის დიდ დოზას იწვევს ნერწყვისა და კუჭის წველის სეკრეციის დაკნინებას, მაგრამ ვაცილებით ნაკლები ხარისხით, ვიდრე მხოლოდ ავადმყოფთა პლაზმის შეყვანის დროს. როგორც ჩანს, ასეთ პირობებში ამინაზინის დიდი დოზები არ ჰკარგავს თავის აქტიურ როლს. აღნიშნული მოქმედება განსაკუთრებით კარგად ვლინდება ამინაზინის პატარა დოზების შეყვანის დროს. ასეთ პირობებში ავადმყოფის პლაზმა ნაკლებად აკნინებს ნერწყვისა და კუჭის წველის სეკრეციას (იხ. მე-3 და მე-4 ცხრილები).

მოყვანილი ცხრილებიდან ჩანს, რომ ცნს-ზე ამინაზინისა და ავადმყოფთა პლაზმის მოქმედებას შორის არსებობს რთული დინამიკური ურთიერთკავშირი. ვარდა ამისა, ნათელია ნეიროპლევგიური ნივთიერების როლი ტოქსიკური მოქმედების შესუსტებაში (კერძოდ ავადმყოფთა სისხლის პლაზმის მოქმედების შესუსტება).

შესწავლილ იქნა აგრეთვე ავადმყოფის პლაზმის გავლენა ცხოველში გამოშუშავებულ სტერეოტიპზე, რომელიც შედგებოდა ორი დადებითი და ერთი უარყოფითი გამლიზიანებლისაგან.

ავადმყოფთა პლაზმის შეყვანა 30—50 მლ-ის რაოდენობით იწვევს სტერეოტიპის დარღვევას — უარყოფით გამლიზიანებელზე ადვილი აქვს პირობით რეფლექსური გზით ნერწყვის გამოყოფას; დადებით გამლიზიანებლებზე კი მიიღება გაცილებით სუსტი ეფექტი, ვიდრე ჩვეულებრივ. ამინაზინის პატარა დოზა (0,5 მგ/კგ) არ ცვლის დარღვეულ სტერეოტიპს, დიდი დოზა (1,65 მგ/კგ) კი აღადგენს დიფერენციაციას: უარყოფით გამლიზიანებელზე ადვილი აქვს შეკავებას, დადებით გამლიზიანებელზე კი ეფექტი ძლიერდება, თუმცა არ აღწევს ჩვეულებრივ სიდიდეს.

ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდები გვიჩვენებენ, რომ შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმა აღჭურვილია განსაკუთრებული ტოქსიკური მოქმედების უნარით, რაც გამოიხატება ნერწყვის უპირობო და პირობით რეფლექსურ სეკრეციისა და კუჭის სეკრეციული მოქმედების დაკნინებაში. ლიტერატურაში არსებობს მითითება ტვინის ღეროს რეტოკულური სუბსტანციის როლზე შიზოფრენიული ტოქსიკოზის დროს [6]. აქედან გამომდინარე, ჩვენ გამოვიყენეთ ამინაზინი, როგორც ნეიროპლევგიური ნივთიერება, რომლის მიზართაც მეტად მგრძობიარეა რეტოკულური ფორმაცია და დავრწმუნდით, რომ მისი გამოყენების დროს (ცხოველში წინასწარ ამინაზინის შეყვანა) მნიშვნელოვნად სუსტდება ავადმყოფთა სისხლის პლაზმის ტოქსიკური მოქმედება ცხოველის ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე.

მ. ასათიანის სახელობის ფსიქიატრიის
სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 4.12.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ი. მენტეშაშვილი. ცერებრო-სპინური სითხის ზოგიერთი თავისებურება შიზოფრენიის დროს. თბილისი, 1948.
2. А. М. Макаридзе. Материалы по антитоксической функции печени при шизофрении. Автореф., 1955.

3. С. Н. Брайнес. Митогенетическое излучение крови при кататонической форме шизофрении. Архив биологических наук, 36, 1, 1934, 307.
4. Г. Ю. Малис. Имунобиологическая диагностика шизофрении. Журн. невропат. и психиатр. 57, 1, 1957, 82.
5. А. Д. Зурабашвили. О центрэнцефалической теории и некоторых наших данных о развитии ядер зрительных бугров человека. Журн. невропат. и психиатр, 57, 6, 1957.
6. А. Д. Зурабашвили. О современном уровне теории шизофрении, Тбилиси-1958.
7. В. П. Протопопов. Патофизиологические основы рациональной терапии шизофрении. Киев, 1946.
8. А. Н. Бакурадзе, Г. И. Мирзиашвили и А. И. Сихарулидзе. О роли ретикулярной формации ствола мозга в секреторной деятельности слюнных и желудочных желез. Сообщения АН ГССР, XXI, № 3. 1958.
9. П. К. Анохин. О роли ретикулярной формации ствола мозга в проведении безусловных возбуждений к коре головного мозга. Доклады на XX международном конгрессе физиологов в Брюсселе 1956, 151.
10. G. Hiebel, M. Bonvallet, P. Dell. Action de la chlorpromazine (Langactil, 4560 R. P.) du nevlau du systeme nerveux central. Lem. Hop., Paris, 1954, 10, 2346.
11. Л. Б. Меклер, Н. Н. Лаптева и Д. В. Лозовский. О выделении токсического белка из сыворотки крови больных шизофренией. Журн. невропат. 58, 6, 1958, 703.
12. R. G. Heath. Studies in Schizophrenia. 1954.



კლინიკური მდიცინა

მ. ღირღალაძე

საერთო რკინის რაოდენობა და მისი ღინამიკა ძვლის ტვინსა და პერიფერიულ სისხლში ჰიპოქრომულ-ჰიპოკრომინემატოზული ანემიების მკურნალობისას

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 19.11.1957)

საერთო რკინის რაოდენობა პერიფერიულ სისხლში ჰიპოქრომიული ანემიების მკურნალობისას ძლიერ მცირედაა შესწავლილი. ძვლის ტვინში აღნიშნულ პათოლოგიურ მდგომარეობისას რკინის რაოდენობის შესახებ მხოლოდ ერთეული ნაშრომები მოიპოვება. ნაკლებადაა შესწავლილი რკინის ცვლილებები.

საბჭოთა მეცნიერება დიდ კვლევით მუშაობას აწარმოებენ რკინის რაოდენობის განსაზღვრისა და ადამიანის ორგანიზმისათვის მისი მნიშვნელობის დადგენისათვის. მიუხედავად ამისა, საერთო რკინის რაოდენობის შესახებ პერიფერიულ სისხლსა და სისხლის შრატში რიგი მკვლევარი სხვადასხვა მაჩვენებლებს იძლევა. ასევე არაერთნაირ მაჩვენებლებს იძლევიან საერთო რკინის რაოდენობის შესახებ ადამიანთა ორგანიზმში. რკინის ბიოლოგიური მნიშვნელობა ცხოველთა ორგანიზმისათვის არ არის გარკვეული. ცნობილია მხოლოდ, რომ რკინა წარმოადგენს ჰემოგლობინის შემადგენელ ნაწილს. დადგენილია აგრეთვე მისი მნიშვნელობა როგორც ბიოკატალიზატორისა ქსოვილებში დაეხვედით პროცესების დროს. სრულიად შეუსწავლელია ქსოვილების რკინა.

ადამიანის ორგანიზმში არჩევენ: ჰემოგლობინის რკინას, ბიოკატალიზატორ რკინას (წითელი სასუნთქავი ფერმენტი ვარბურგისა, ციტოქრომი, პეროქსიდაზა, კატალაზა), დეპოების რკინას, არაჰემოგლობინურ რკინას, პლანზმის ან შრატის ე. წ. სატრანსპორტო რკინას და ქსოვილების რკინას.

კ. მაკაროვსკიამ (1950) შეისწავლა საერთო და არაჰემოგლობინური რკინა ადამიანთა ფიზიოლოგიურ პირობებში. მისი მონაცემებით, საერთო რკინა სისხლში ქალებსა და მამაკაცებს ერთი და იმავე რაოდენობით როდი აქვთ: მამაკაცებში იგი საშუალოდ 52, 3 მგ % უდრის, ქალებში კი 45,5 მგ %.

ლ. ბროდოვიჩმა (1948) დაამტკიცა, რომ რკინის რაოდენობის განსხვავება მამაკაცებსა და ქალებში სქესობრივი მომწიფების პერიოდში იწყება.

ი. ბროკის (1937) გამოკვლევებით, ადამიანის მთელ ორგანიზმში 4.0—4,5 გრამი რკინაა, აქედან 75% შედის სისხლის შედგენილობაში.

ადამიანის ორგანიზმში რკინა საკვებთან ერთად მცირე რაოდენობით შედის. სხვადასხვა ავტორების გამოკვლევებით, ჯანმრთელი ადამიანისათვის დღე-ღამეში საშუალოდ 15 მგ რკინაა საჭირო.

გ. ალექსეევის (1953) აზრით, ადამიანი დღე-ღამეში 1—2 მგ ეგზოგენურ რკინასა და ერიტროპოეზის სტიმულაციის მიზნით 120 გრამ ცილას საჭიროებს.

პ. სიმაკოვის (1950) გამოკვლევებით, რკინასთან ერთად სისხლწარმოქმნაში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ცილებს, რომელთაც ადამიანი საკვებთან ერ-

თად ითვისებს. ცილების არასაკმარისი რაოდენობით მიღებისას გლობინის შედგენილობის 24—67%-მდე და რკინა პორფირინის 4,5—25%-მდე დაქვეითება ხდება. ჰიპოქრომიული ანემიების სამკურნალოდ ფართოდ იხმარება არაორგანული და ორგანული რკინის დიდი დოზები მარილმკაფას ხსნართან ერთად.

მიტოვებულია მე-17 საუკუნის 80-იანი წლებიდან უილისისა და ჰაემის მიერ მოწოდებული რკინის მცირე დოზებით ანემიების მკურნალობა, რამაც ღვიძლის პრეპარატებთან ერთად ძლიერ შეამცირა ანემიით შეპყრობილ ავადმყოფთა სიკვდილიანობის პროცენტი. გაუმჯობესდა სისხლის დაავადებათა გამოკვლევის მეთოდებიც.

მ. არინკინის (1927) მიერ მოწოდებული ძვლის ტვინის აღების წესი საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენს, რომ დაკვირვება ვიტალურად ვაწარმოოთ ძვლის ტვინის სისხლწარმოქმნელ თვისებაზე.

რკინისა და ღვიძლის პრეპარატების მოქმედების მექანიზმი ანემიით შეპყრობილ ავადმყოფში არ არის საკმაოდ შესწავლილი. ნაკლებადაა შესწავლილი რკინის ცვლის რეგულაციის საკითხიც, ამიტომ ამ მიმართულებით კვლევებიც ენერგიული განგრძობაა საჭირო.

სისხლში რკინის რაოდენობის მომატება და მისი დროული შეთვისება ორგანიზმის მიერ, ნეირო-ჰუმორალური სისტემის მარეგულირებელი ფუნქციისაგან უნდა იყოს დამოკიდებული. ამასვე გვიმტკიცებს მ. ვოლკის (1940) მონაცემები. მისი დასკვნით, ნეირო-ჰუმორალური სისტემაა რკინის ცვლის მარეგულირებელი. ე. სტეპანიანის (1949) აზრით, სისხლის შრატში რკინის მკვეთრი დაქვეითება შეიძლება აღმოვაჩინოთ ანემიის დროს, რაც გამოწვეულია საკვებთან ერთად რკინის არასაკმარისი მიწოდებით, რკინის შეწოვის დაბლევით, გასტრიტებით, აქილითა და კუჭის რეზექციით, რკინის გაძლიერებული დაკარგვით სისხლის დენის დროს, ღებინებით, ფალარათისა და ნეირო-ჰუმორალური აპარატის ფუნქციის მოშლით, რომელიც აწესრიგებს რკინის ცვლას.

მრავალი ავტორი ჰიპოქრომიული ანემიების განვითარების ძირითად პათოგენეზად რკინის უკმარისობას თვლის.

აღნიშნულის გამო ჩვენ მიზნად დავისახეთ მოგვეხდინა რკინის სხვადასხვა პრეპარატებით სხვადასხვა ეტიოლოგიის ჰიპოქრომიულ-ჰიპორეგენერატორული ანემიების მკურნალობისას ანემიის მიზეზის გარკვევა: ანემიის პათოგენეზში გადამწყვეტი მნიშვნელობა მხოლოდ რკინის უკმარისობას აქვს, თუ სხვა დამატებით ფაქტორებსაც? ამავე დროს უნდა გაგვესაზღვრა ძვლის ტვინისა და პერიფერიულ სისხლში საერთო რკინის რაოდენობა, აღნიშნული პათოლოგიური მდგომარეობის დროს დინამიკაში. გარდა ამისა, დაგვედგინა საერთო რკინის ნორმები ჯანმრთელი ადამიანების ძვლის ტვინისა და პერიფერიულ სისხლში.

პერიფერიულ სისხლში საერთო რკინის განსაზღვრისათვის სისხლს ვიღებდით ვენიდან, ძვლის ტვინს კი — ო. ბოლდირევისა და მ. მაკაროვის მეთოდით. პარალელურად ვახდენდით როგორც ჰემოგრამის, ისე მედულოგრამის შესწავლას დინამიკაში.

საერთო რკინის განსაზღვრას როგორც ძვლის ტვინში, ისე პერიფერიულ სისხლში ლორბერის წესით ვაწარმოებდით. კოლორიმეტრიულ გამოკვლევას დიუბოსკოს კოლორიმეტრით ვახდენდით, რადგან იგი უფრო დამაკმაყოფილებელ შედეგს გვაძლევდა. პარალელურად ვატარებდით საკონტროლო ცდებს.

ავადმყოფთა სამკურნალოდ ვხმარობდით წყალბადით აღდგენილ რკინასა და ნახშირმკაფა რკინას (5,0 Pro die), აგრეთვე ვაშლმკაფა რკინის ნაყენს დიდი დოზებით (90,0—100,0 მლ Pro die), ზოგი ავადმყოფისთვის ჰემოპოეზის



გასაძლიერებლად ვიყენებდით ღვიძლის პრეპარატებს (Campoloni, Hepatini, Hepatocrini) და სისხლის გადასხმასაც მივმართავდით. ავადმყოფები ღებულობდნენ აგრეთვე მარილმჟავას 3%-იან ხსნარს სუფრის კოვზით 3-ჯერ დღეში და საავადმყოფოს საერთო ულუფაზე იმყოფებოდნენ.

დაკვირვება ჩავატარეთ სხვადასხვა ეტიოლოგიის პიზოქრომიულ—პორფეგენერატორული ანემიით შეპყრობილ 11 ავადმყოფზე. მათ შორის 10 ქალი იყო და 1 მამაკაცი, წლოვანების მიხედვით 18—50 წლამდე. ჰემოგლობინი მკურნალობამდე მერყეობდა 21—47%-მდე.

ვინაიდან ძვლის ტვინში საერთო რკინის რაოდენობა შეუსწავლელია, შედარების მიზნით გამოვიკვლიეთ 16 დონორი — 8 მამაკაცი და 8 ქალი.

გამოკვლევით მივიღეთ, რომ საერთო რკინის რაოდენობა ძვლის ტვინსა და პერიფერიულ სისხლში ქალებსა და მამაკაცებს ერთისა და იმავე რაოდენობით როდი აქვთ. ამავე დროს დონორების ძვლის ტვინში იგი ყოველთვის მეტია, ვიდრე პერიფერიულ სისხლში. ქალების ძვლის ტვინში იგი მერყეობს 50—57 მგ %-მდის (საშუალოდ 53,3 მგ %-ს უდრის), ხოლო პერიფერიულ სისხლში — 40—50 მგ %-მდის (საშუალოდ 47,3 მგ %-ს უდრის). მამაკაცების ძვლის ტვინში მერყეობს 50—62,5 მგ %-მდის (საშუალოდ 56,75 მგ %-ს უდრის). პერიფერიულ სისხლში 47—55,5 მგ %-მდის (საშუალოდ 50,75 მგ %-ს უდრის) (იხ. 1 და 2 ცხრილები).

ცხრილი 1

№ რიგ.	დონორის გვარი	სქესი	წლოვანება	Hb %-ით	ერთორთციტები მლ-ით	fi	საერთო რკინის რაოდ. ძვლის ტვინში Mg %-ით	საერთო რკინის რაოდ. პერ. სისხლში Mg %-ით
1	ბ—ი	მამ.	42	70	500000	0,70	62,5	52
2	ს—ი	მამ.	60	65	450000	0,72	60	55,5
3	მ—ო	მამ.	21	70	460000	0,76	53	48
4	შ—ო	მამ.	26	75	470000	0,79	62,5	55,5
5	ი—ო	მამ.	20	68	468000	0,73	58,5	50
6	ო—ო	მამ.	20	70	470000	0,76	55,5	50
7	ზ—ო	მამ.	23	73	466000	0,78	50	47
8	ი—ო	მამ.	25	72	482000	0,75	52	48

ცხრილი 2

№ რიგ.	დონორის გვარი	სქესი	წლოვანება	ჰემოგლ. %-ით	ერთორთციტები მილიონობით	fi	რკინის რაოდენობა ძვლის ტვინში Mg %-ით	რკინის რაოდენობა პერ. სისხლში Mg %-ით
1	ჩ—ი	დედ.	32	74	400000	0,92	52	50
2	მ—ი	დედ.	30	65	427000	0,77	55,5	40
3	ს—ა	დედ.	30	64	425000	0,76	54,5	52
4	დ—ა	დედ.	23	64	443000	0,72	55,5	50
5	კ—ი	დედ.	25	70	463000	0,76	50	44
6	მ—ა	დედ.	32	64	453000	0,71	52	47
7	ბ—ა	დედ.	36	75	554000	0,68	57	50
8	ს—ს	დედ.	39	71	523000	0,67	52	45

ჩვენ მიერ ნამკურნალებ სხვადასხვა ეტიოლოგიის ჰიპოქრომიულ-ჰიპო-რეგენერატორული ანემიით შეპყრობილი 11 ავადმყოფიდან, რომლებსაც საერთო რკინის რაოდენობა მკურნალობამდე ძვლის ტვინსა და პერიფერიულ სისხლში გამოეუკვლიეთ, 4 ავადმყოფს ნორმალური რაოდენობა აღმოაჩნდა, მკურნალობის პროცესში და მკურნალობის ბოლოს თერთმეტივე ავადმყოფის როგორც ძვლის ტვინში, ისე პერიფერიულ სისხლში საერთო რკინის რაოდენობა ნორმას უდრიდა.

პერიფერიულ სისხლში საერთო რკინა მკურნალობამდე 25 მგ %-დან 45.5 მგ %-მდე მერყეობდა, ძვლის ტვინში — 31,25 მგ %-დან 58,5 მგ %-მდე, მკურნალობის პროცესში პერიფერიულ სისხლში — 40 მგ %-დან 50 მგ %-მდე, ძვლის ტვინში — 50 მგ %-დან 62,25 მგ %-მდე, მკურნალობის ბოლოს პერიფერიულ სისხლში — 41,5 მგ %-დან 50 მგ %-მდე, ძვლის ტვინში — 50 მგ %-დან 66.5 მგ %-მდე (იხ. მომდევნო ცხრილი).

აღნიშნული გამოკვლევებიდან ნათლად ჩანს, რომ საერთო რკინის რაოდენობა მკურნალობის შედეგად თერთმეტსავე შემთხვევაში ნორმამდე გადიოდა როგორც ძვლის ტვინში, ისე პერიფერიულ სისხლში. პერიფერიული სისხლის სურათის გამოსწორება კი ვერ მივიღეთ. მედულოგრამის შესწავლამ როგორც რკინის პრეპარატებით მკურნალობის დაწყებამდე, ისე მკურნალობის პროცესში და მკურნალობის დამთავრების დროს 8 შემთხვევიდან 5 შემთხვევაში ერთობლასტების მომწიფების ინდექსის ზრდა მოგვცა, 3 შემთხვევაში კი — ერთობლასტების მომწიფების ინდექსის შემცირება. წითელი სისხლის დაყოფისა და ერთობლასტების პროცენტული რაოდენობის მხრივ რაიმე კანონზომიერება არ აღინიშნებოდა. საილუსტრაციოდ მოვიყვანთ ავადმყოფის ისტორიას: ავადმყოფი დ-ძე, 23 წლისა, ქალი, ავადმყ. ისტორიის № 51, შემოვიდა სისხლის გადასხმის ინსტიტუტის სტაციონარში 1951 წლის 15 მარტს. უჩივის ძლიერ საერთო სისუსტეს, ყრუ ხასიათის ტკივილს მუცლის მთელ მიდამოში, სუბფებრიულ ტემპერატურას, უმადობასა და დამდამობით ოფლიანობას. ავად არის 4 წელია. ავადმყოფობა დაეწყო ყრუ ხასიათის ტკივილით გულის მთელს მიდამოში. 1947 წლის დეკემბერში მას პერიტონეუმის ღრუში ჩაუდგა მცირე რაოდენობის სითხე, რომელიც დაუშრეს კალციუმის 10%-იანი ხსნარის ინექციებით და კვარცის სხივებით მკურნალობით. 1951 წლის თებერვლის დამლევს ავადმყოფის საერთო მდგომარეობა კვლავ გაუარესდა, დაეწყო მუცლის მთელი მიდამოს ტკივილი, შეაწუხა სუბფებრიულმა ტემპერატურამ და ოფლიანობამ, რის გამოც სტაციონარული მკურნალობისათვის მოათავსეს.

ავადმყოფი გამხდარია, ანემიური. მუცლის მიდამო დაჭიმული აქვს. ბლესმბერგის სიმპტომი დადებითია, პერიტონეუმის ღრუში სითხე არ ისინჯება. აღენიშნება „ეგზოფტალმუსი“, ჩიყვი და აჩქარებული მაჯისცემა. გულის ტონები სუფთაა. ფილტვების მხრივ არც მოსმენით და არც რენტგენოლოგიური გამოკვლევებით პათოლოგიური ცვლილებები არ აღინიშნება. სისხლის სურათი მკურნალობამდე ასეთია: 16.3.1951 წ. — Hb 42%, ერითროციტები — 4960000, fi 0,42, ლეუკოციტები — 9300, ედრ — 27^{m/m} რეტკულოციტები — 4,2%, ტრომბოციტები — 74%; ლეუკოციტური ფორმულა: ჩხირბირთვიანი 1,5%, სეგმენტბირთვიანი — 54%, ლიმფოციტები — 27,5%, მონოციტები — 13,5%, ეოზინოფილები — 2%, ბაზოფილები — 1,5%. სისხლის პარაზიტები არ აღმოჩნდა. ვასერმანის რეაქცია — უარყოფითი; საერთო რკინა ძვლის ტვინში — 58,5 მგ %, პერიფერიულ სისხლში — 41,5 მგ %.

განავალსა და შარდში საგრძნობი ცვლილებები არ აღენიშნება.

დიაგნოზი: Peritonitis tbc, Morbus Basedowi, Anaemia hypochromica.

ავადმყოფს ვუმკურნალებ წყალბადით აღდგენილი რკინისა და ნახშირ-მჟავა რკინის დიდი დოზებით (5,0 Prodie), გარდა ამისა, იგი ლებულობდა მარილმჟავას 3%-იან ხსნარს. 2 კვირის განმავლობაში მან მიიღო ვაშლმჟავა რკინის ნაყენის დიდი დოზები (100 მლ Prodie), ერთროციტული მასის სა-შუალო დოზების 2-ჯერ გადასხმით, ამავე დროს ავადმყოფს იოდის მიკროდო-ზებს, ვიტამინ „C“ და შაბამინის მცირე დოზებსაც ვაძლევდით. ამასთან ავად-მყოფი იმყოფებოდა ცილებით მდიდარ ულუფაზე.

მიუხედავად ასეთი აქტიური მკურნალობისა, ავადმყოფის საერთო მდგო-მარეობა ოდნავ გაუმჯობესდა, სისხლის სურათიც სრულ ნორმამდე ვერ გა-მოსწორდა. ამავე დროს საერთო რკინა ძვლის ტვინსა და პერიფერიულ სის-ხლში ნორმალური რაოდენობით აღმოჩნდა როგორც მკურნალობამდე, ისე მკურნალობის პროცესში და მკურნალობის ბოლოს; ჰემოგლობინის პროცენ-ტმა მცირედ მოიმატა, ერითროციტების რაოდენობამ და რეტიკულოციტებ-მა დაიკლო. ავადმყოფის სუბიექტური და ობიექტური მონაცემები უცვლელი დარჩა. ერთი თვის ენერგიული მკურნალობით სისხლის სურათი არ გამოს-წორდა.

სისხლის სურათი მკურნალობის ბოლოს: 20.4—51 წ. — Hb 53%, ერით-როციტები — 4900000, ლეეკოციტები — 5600, ედრ — 35 $\frac{m}{m}$, რეტიკულოცი-ტები — 2%, ტრომბოციტები — 53%; ლეეკოციტული ფორმულა: ჩხირბირ-თვიანი — 2%, სეგმენტბირთვიანი — 60%, ლიმფოციტები — 23%, მონოცი-ტები — 13%, ეოზინოფილები — 1%, ბაზოფილები — 1%; საერთო რკინა ძვლის ტვინში — 62,25 მგ %, პერიფერიულ სისხლში — 50 მგ %.

ავადმყოფი ე-ვა, ქალო, 22 წლისა, შემოვიდა სისხლის გადასხმის ინსტი-ტუტის სტაციონარში 13,3 1951 წ., უჩივის საერთო სისუსტეს, თავბრუსხვევას, ყრუ ხასიათის ტკივილს მუცლის მთელს მიდამოში, ზოგჯერ მუცლის აშლილო-ბას სისხლისა და ლორწოს გარეშე, უმადობასა და სუბფებრიულ ტემპერატუ-რას. ინფექციური დაავადებანი არ გადაუტანია. უკანასკნელი 2 წლის განმავ-ლობაში ხშირად ჰქონდა მუცლის აშლილობა. 3 თვეა, რაც მენტრუაცია არ აქვს. ვენერიული დაავადებანი არ გადაუტანია. ალკოჰოლს არ ეტანება, თამ-ბაქოს არ ეწევა. ავად არის 2 წელია. ავადმყოფობა დაეწყო მუცლის აშლი-ლობით განავალში სისხლისა და ლორწოს გარეშე. აწუხებდა ყრუ ხასიათის ტკივილი მუცლის მთელს მიდამოში. ავადმყოფი თანდათან დასუსტდა, წონაში ძლიერ დაიკლო, შეაწუხა თავბრუსხვევამ, უმადობამ, სუბფებრიულმა ტემპერა-ტურამ და შრომის უნარის დაკარგვამ, რის გამოც იგი მოათავსეს სტაციონარ-ული მკურნალობისათვის.

ავადმყოფი საშუალო ტანის, სწორი აგებულებისაა. კანქვეშა ცხიმი გან-ლეული აქვს, კუნთოვანი სისტემა — სუსტად განვითარებული, კანი — მშრალ-ლი, მკრთალი ფერისა. მაჯა — 90 წუთში. გულისა და ფილტვების მხრივ რაი-მე პათოლოგიური ცვლილებები არ აღენიშნება. ენა თეთრი ნაღებით, ყლაპ-ვა — თავისუფალი, მუცელი — დაჭიმული, ბლუმბერგის სიმპტომი — დადებ-ბითი. პერიტონეუმის ღრუში სითხე არ ისინჯება. ღვიძლი, ელენთა და თირ-კმლები ნორმის ფარგლებშია. გულ-მკერდის რენტგენოსკოპია: Pulmo—ჰილუსიგეში ვადიდებული ჯირკვლები, გული — ტაქიკარდია.

სისხლის ანალიზი სტაციონარში შემოსვლის დროს: 14.3.51 წ.—Hb—40%, ერითროციტები — 3380000, fi — 0,59, ლეეკოციტები — 5200, ედრ — 47 მმ საათში, რეტიკულოციტები — 2%, ტრომბოციტები — 68%; ლეეკოციტუ-ლი ფორმულა: ჩხირბირთვიანი — 9%, სეგმენტბირთვიანი — 45,5%, ლიმფო-ციტები — 34,5%, მონოციტები — 6,5%, ეოზინოფილები — 3,5%, ბაზოფი-ლები — 1%. საერთო რკინა ძვლის ტვინში — 50 მგ %, პერიფერიულ სისხლ-

ში — 45,5 მგ %. შარდსა და განავალში პათოლოგიური ცვლილებები არ აღენიშნებოდა.

დი ა გ ნ ო ზ ი: Peritonitis tbc, Anaemia hypochromica. ჩაუტარდა მკურნალობა წყალბადით აღდგენილი რკინის დიდი დოზებით (5,0 Pro die) და ლვიძლის ექსტრაქტი. ავადმყოფი ლეზულობდა აგრეთვე მარილმჟავას 3%-იან ხსნარს სუფრის კოვზით 3-ჯერ დღეში.

მკურნალობის პერიოდში მას ერთხელ გადავუსხით 150,0 ერთროციტული მასა. ამავე დროს ლეზულობდა ვიტამინ „C“ (0,05— თითო ფხვნილს 3-ჯერ დღეში) და შაბიამნის მცირე დოზებს (sol. cupri sulfurici 1/2%-იან ხსნარს ათ წვეთს 3-ჯერ დღეში). მიუხედავად ავადმყოფის ასეთი ენერგიული მკურნალობისა, საერთო მდგომარეობა მცირედ გაუმჯობესდა.

მკურნალობის ბოლოს აწუხებდა საერთო სისუსტე, ფერმკრთალობა, სუბფებრული ტემპერატურა, აგზნებულობა, ღამ-ღამობით ოფლიანობა, ყრუ ხასიათის მტკივნეულობა მუცლის არეში, უხალისობა და შრომის უნარის დაკარგვა. სისხლის სურათის მხრივ მივიღეთ ჰემოგლობინის მცირედი მომატება, ერთროციტების რაოდენობის გადიდება.

სისხლის სურათი მკურნალობის ბოლოს: 7.4.51 წ. — Hb — 46%, ერთროციტები — 405000, fi — 0,56. ლევკოციტები — 6000, ედრი 55 მმ საათში, რეტიკულიციტები — 6%, ტრომბოციტები — 85%; ლევკოციტული ფორმულა: ჩხირბირთვიანი — 3,5%, სეგმენტბირთვიანი — 70,5%, ლიმფოციტები — 18%, მონოციტები — 5,5%, ეოზინოფილები — 1%, ბაზოფილები — 1,5%; საერთო რკინა ძვლის ტვინში — 66,5 მგ %, პერიფერიულ სისხლში — 50 მგ %. ავადმყოფი გაეწერა მძიმე მდგომარეობაში.

როგორც ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, ჰიპოქრომიული ანემიების პათოგენეზის საკითხში წამყვანი მნიშვნელობა მართო რკინის დეფიციტს არ უნდა ჰქონდეს, რადგან აღნიშნულ შემთხვევაში სისხლის სურათის გამოსწორება რკინის პრეპარატებითა და ანემიების სხვა სამკურნალო საშუალებების ხმარებით სათანადო შეწოვის პირობებში არ ხერხდება, როდესაც ორგანიზმი არ განიცდის რკინის დეფიციტს.

ამრიგად, უნდა აღენიშნოთ, რომ იმ შემთხვევებში, როდესაც ჰიპოქრომიული ანემიების დროს ძვლის ტვინსა და პერიფერიულ სისხლში საერთო რკინის რაოდენობა ნორმალურია, ავადმყოფთა მართო რკინის პრეპარატებით მკურნალობით სისხლის სურათის გამოსწორება გაძნელებულია, ზოგჯერ კი შეუძლებელიც ხდება. გაძნელებულია აგრეთვე ავადმყოფთა კლინიკური მონაცემების საგრძნობი გაუმჯობესება. აღნიშნული მდგომარეობა მკურნალობის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს და გამოვიყენოთ როგორც პროგნოზული მაჩვენებელი ჰიპოქრომიული ანემიების მკურნალობის დროს, რაც მეტად მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს პრაქტიკული მედიცინისათვის.

ზოგიერთი ავტორის მონაცემებით, არსებობენ რკინა-რეზისტენტული ანემიები: ჩვენ კი ვფიქრობთ, რომ რკინა-რეზისტენტული ჰიპოქრომიული ანემიები არ არსებობს, არამედ არსებობს ჰიპოქრომიული ანემიები რკინის დეფიციტის ვარეშე, რომლის დროსაც ავადმყოფისათვის რკინის პრეპარატების დიდი დოზების მიცემა არ არის საჭირო, არამედ რკინის საშუალო დოზებთან ერთად ანემიის საწინააღმდეგო სხვა საშუალებებს (ლვიძლის პრეპარატები, სისხლის გადასხმა და ცილით მდიდარი საკვები) უნდა მივმართოთ. ასეთი ანემიები ჩვეულებრივ ჰიპო-ან არგენერატორული ტიპისაა.

ღასკვნები

1. ჰიპოქრომიული ანემიები არსებობს რკინის დეფიციტის გარეშეც.
2. ჰიპოქრომიული ანემიების პათოგენეზში ძირითადი მნიშვნელობა არა მარტო რკინის დეფიციტის არსებობას უნდა მიეკუთვნოს, არამედ ორგანიზმის მიერ რკინის შეთვისების ხარისხის დაქვეითებასაც.
3. საერთო რკინის რაოდენობა ყოველთვის უფრო მეტია ჯანმრთელი ადამიანის ძვლის ტვინში, ვიდრე პერიფერიულ სისხლში.
4. საერთო რკინის რაოდენობა ჯანმრთელი ადამიანის ძვლის ტვინსა და პერიფერიულ სისხლში მამაკაცებსა და ქალებს ერთისა და იმავე რაოდენობით არა აქვთ: ა) მამაკაცების ძვლის ტვინში იგი 50-დან 62,5 მგ %-მდე მერყეობს (საშუალოდ 56,75 მგ %); ბ) ქალების ძვლის ტვინში — 50-დან 57 მგ %-მდე (საშუალოდ — 53,3 მგ %); გ) მამაკაცების პერიფერიულ სისხლში — 47-დან 55,5 მგ %-მდე (საშუალოდ 50,75 მგ %); დ) ქალების პერიფერიულ სისხლში — 40-დან 50 მგ %-მდე (საშუალოდ 47,3 მგ %).

აკად. გ. მუხაძის სახელობის
 სისხლისწავლასწმის
 სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 24.11.1958)

ისტორია

დ. ხახუბაიშვილი

ანტიკური ხანის ქართლის (იბერიის) ქალაქების გეოგრაფიული
ბანალაგების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ჩიტაიამ 3.7.1958)

სამეცნიერო ლიტერატურაში გავრცელებულია მოსაზრება, რომლის მიხედვით ამიერკავკასიის ქვეყნების მონათმფლობელური ქალაქების აღმოცენება და აყვავება გაპირობებული იყო ამ ქვეყნების ტერიტორიაზე გამავალ საერთაშორისო სატრანზიტო-სავაჭრო გზების არსებობით. სამწუხაროდ, ასეთ აზრს იმეორებენ ის მკვლევრებიც კი, რომლებიც ვაჭრობა-ხელოსნობას ქალაქების ცხოვრებაში ცენტრალურ როლს არ მიაკუთვნებენ ([1], გვ. 61, 63; [2], გვ. 377—389). უფრო მეტიც, აკად. ი. მანანდიანი ფიქრობდა, რომ ამიერკავკასიაზე გამავალი ჩრდილოეთის საქარავნო გზა „წარმოადგენდა იმ მთავარ მაგისტრალს, რომელსაც განმსაზღვრელი მნიშვნელობა ჰქონდა როგორც ამიერკავკასიის ეკონომიკური განვითარებისათვის, ისე არმენიის სავაჭრო და სატრანზიტო როლისათვის“ ([3], გვ. 26).

უნდა აღინიშნოს, რომ სავაჭრო გზები, მათ შორის საერთაშორისო მნიშვნელობის გზებიც კი, არ შეიძლება რომელიმე ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების განმსაზღვრელ ფაქტორად წარმოვიდგინოთ. ხოლო რაც შეეხება მათ მნიშვნელობას ქალაქების აღმოცენების საქმეში, აქ, ჩვენი აზრით, საჭიროა ქალაქები, მათი ისტორიული მონაცემების მიხედვით, ცალკე ჯგუფებად განვიხილოთ: 1) ქალაქები, რომელთა წარმოქმნამ განაპირობა სავაჭრო გზების გაფორმება და 2) ქალაქები, რომლებიც მნიშვნელოვან სავაჭრო გზებზე წარმოიქმნა.

ცნობილია, რომ ქალაქი საზოგადოების სოციალ-ეკონომიკური განვითარების გარკვეულ საფეხურზე ჩნდება და მოცემული საზოგადოების ეკონომიკურ და კულტურულ-პოლიტიკურ უჯრედს წარმოადგენს. მონათმფლობელურ ქალაქთა უძველესი ჯგუფი, როგორც კულტურულ-ისტორიული მასალის შესწავლა ცხადყოფს, წარმოიქმნება საზოგადოების კანონზომიერი განვითარების პირობებში, მაგრამ საზოგადოების მხრივ რაიმე სუბიექტურ-შეგნებული შემოქმედების გარეშე. ეს კარგად ჩანს საქართველოს აღრემონათმფლობელურ ხანის ქალაქების მავალითზეც. დადასტურდა, რომ ძვ. წ. I ათასეულის პირველ ნახევარში საქართველოს ბარში წარმოიქმნა მსხვილი, დაბური ტიპის სამოსახლოები (ხოვლი, ფიჭვნარ-ჩილოქი, სუხუმი, უფლისციხე). მათთვის დამახასიათებელია: ციხე, ციხის გარშემო გაშლილი მოსახლობა და მის მახლობლად მდებარე ცალკე გამოყოფილი სახელოსნო უბანი. მსგავსი სამოსახლოები ჩნდება როგორც მტკვრის დინების ორივე სანაპიროზე, ისე დასავლეთ საქართველოს ბარში. წარმოადგენენ რა წინასახელმწიფოებრიობის ხანის გარკვეული ერთეულების (ხეობა, ტომი, ტომთა გაერთიანება) ცენტრებს, ასეთი სამოსახლოები აღრეკლასობრივ ურთიერთობათა ჩასახვისას იჩენენ ქალაქებად გადაზრდის ტენდენციას. ცხადია, ყველა მსხვილი სამოსახლო არ შეიძლება

ქალაქად ქცეულიყო. ამის საილუსტრაციოდ ხოვლისა და უფლისციხის უძველესი სამოსახლოების შედარება იკმარებდა, რომელთაგან პირველი ძვ. წ. IV საუკუნეში დაეცა, ხოლო მეორე მონათმფლობელური ხანის ქალაქად გაფორმდა დამახასიათებელი ციხით, ციხის გარშემო გაშლილი ქალაქით, საქალაქო დაბებით, გრანდიოზული საფორტიფიკაციო ნაგებობებით, გზებით, კარებით, სამდინარო ნავსადგურით და ა. შ. იმ ხანაში, როცა უფლისციხის კლდე-სამოსახლო ქალაქური ტიპის მოსახლობად იწყებს გაფორმებას, ამ რაიონში არსებული მეორე მსხვილი სამოსახლო, ვერ უძლებს რა პირველთან კონკურენციას, ქვეითდება და ეცემა. როგორ უნდა აიხსნას სამოსახლოების ერთი რიგის დაცემის, ხოლო მეორე რიგის ქალაქებად განვითარების ფაქტი? ცხადად ჩანს, რომ კლასობრივი ურთიერთობის დადგომისას ხდებოდა იმ მსხველ მოსახლობათა შერჩევა, რომლებიც ქალაქებად უნდა გაფორმებულიყვნენ. იმარჯვებდა ის ერთეული, რომელიც უფრო მეტად უპასუხებდა ახალი საზოგადოებრივი ურთიერთობის მოთხოვნებს და ქვეყნის შემდგომი ეკონომიკური განვითარების ამოცანებს. მონათმფლობელური ხანის ქალაქი პირველ ყოვლისა გარკვეული ეკონომიკური რაიონის ცენტრს წარმოადგენს და მისი წარმოქმნა მოცემული რაიონის სოციალ-ეკონომიკური განვითარებითაა გაპირობებული. ქალაქთა წარმოქმნის კვალდაკვალ ფორმდება უძველესი სავაჭრო გზებიც. მათი გაფორმების (წარმოქმნის) პროცესი ისევე თანდათანობითია, როგორც ქალაქთა წარმოქმნისა; ცალკეული რაიონების ურთიერთობა, მათ შორის ეკონომიკური, დასტურდება წინაკლასობრივ ხანაშიც, მაგრამ ხელოსნობისა და სასაქონლო-ფულადი მეურნეობის განვითარების სასუსტის პირობებში მას რეგულარული ხასიათი არა ჰქონია. მაინც, ძველი საქართველოს სავაჭრო გზების მიღწევებით დადასტურებულ წინაკლასობრივ მოსახლობათა მატერიალური კულტურის ნაშთებში ადგილობრივი მასალების გვერდით ვადასტურებთ ახლო თუ შორეული რაიონებისათვის დამახასიათებელ ნაწარმსაც. კლასობრივი ურთიერთობის ჩასახვისას სასაქონლო წარმოების გაძლიერებისა და ვაჭრობა-ხელოსნობის გაფართოების გამო ხდება ძველი დამაკავშირებელი გზების სავაჭრო გზებად გადაქცევა, როგორც ცალკეული რაიონების ეკონომიკური ურთიერთობის გაფართოების შედეგი. ამავე ხანაში ხდება ცალკეული ქვეყნების პოლიტიკური გაერთიანება, რაც ხელს უწყობს სატომო საზღვრებისა და ბარიერების შესუსტებას. უკანასკნელი კიდევ უფრო აახლოებს ცალკეულ ეკონომიკურ რაიონებს, რომელთა ურთიერთობა ახლა, ძირითადად, ქალაქთა ურთიერთობითაა წარმოდგენილი, მაგრამ სინამდვილეში მის უკან იმ ერთეულთა ურთიერთობა იმალება, რომელთაც მოცემული ქალაქების წარმოქმნა განაპირობებს. ასე რომ სავაჭრო გზა სოციალ-ეკონომიკურად განვითარებული რაიონებისა და ქვეყნების დამაკავშირებელი საშუალებაა. მისი წარმოქმნა-გაფორმება გაპირობებულია მოცემული რაიონების შემდგომი განვითარების საჭიროებებით. იმის მიხედვით, თუ რამდენად ინტენსიურია ამა თუ იმ რაიონის ურთიერთობა მეზობლებთან, სავაჭრო გზების მნიშვნელობაც სხვადასხვაა. თუ მოცემული რაიონის მეურნეობა იმდენად ძლიერია, რომ შეუძლია სტიმული მისცეს აქ არსებულ ქალაქებში ხელოსნურ-სასაქონლო წარმოების გაფართოებას, მაშინ ამ ქალაქების ნაწარმის საგრძნობი რაოდენობა რეგულარულად გადის მეზობელი ქვეყნების ქალაქებში და დამაკავშირებელი გზის ექსპლოატაციის ხარისხი იზრდება როგორც ამ ქალაქიდან, ისე ამ ქალაქისაკენ.

შედეგი: ჩვეულებრივი დამაკავშირებელი გზების გადაქცევა სავაჭრო გზებად.

ასეთია ვითარება წინაელინისტურ ხანაში. ძირითადად იგივე ფაქტორები მოქმედებენ ელინისტურ პერიოდში. მაგრამ აქ ქალაქთა წარმოქმნის

ვერდით დასტურდება ქალაქთმშენებლობაც; უკანასკნელი გარეგნულად გარკვეული სოციალური ძალის (სამეფო ხელისუფლება) სუბიექტური მოღვაწეობის ხასიათს ატარებს, მაგრამ სინამდვილეში ასეთი მოღვაწეობის წარმატება ქვეყნის ეკონომიკური ცხოვრებითაა გაპირობებული: სამეფო ხელისუფლება ქალაქებს იქ კი არ აშენებს, სადაც მას მოესურვება, არამედ იქ, სადაც ამას ქვეყნის ეკონომიკური ცხოვრება მოითხოვს. დასტურდება, რომ ელინისტური ხანის ქართლის (იბერიის) მეფეებს ქალაქების დაარსება-გაძლიერებაზე ზრუნვა სამეფო პოლიტიკის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხად უქცევიათ. მონათმფლობელური ქართლის (იბერიის) რიგი ქალაქები სწორედ ამ ჯგუფში შეიძლება ვივარაუდოთ. აღნიშნული ქალაქები, ისევე როგორც მსხვილ სამოსახლოთაგან ვიწვითარებული საქალაქო ცენტრები, განლაგებულია მტკვრის მარცხენა სანაპიროზე, ე. ი. იმ ხაზზე, სადაც საერთაშორისო სატრანზიტო-სავაჭრო გზა გაივლიდა. შეიძლება თუ არა ამ ქალაქების წარმოქმნა და ასეთი გეოგრაფიული განლაგება აღნიშნული გზის არსებობას დაუყავშიროთ? როგორც არსებული მასალის შესწავლით დასტურდება, ქალაქების წარმოქმნის საქმეში სავაჭრო გზებს არ შეიძლება გადამწყვეტი მნიშვნელობა მიეცეს. არ შეიძლება ასეთი მნიშვნელობა მიეცეს აღნიშნულ საერთაშორისო სავაჭრო გზასაც.

როგორც უკვე აღინიშნა, ქართლის (იბერიის) მონათმფლობელური ქალაქები განლაგებულია მტკვრის მიყოლებით მდინარის მარცხენა სანაპიროზე. სამართლიანად ვარაუდობენ, რომ ელინისტური ხანის საერთაშორისო სავაჭრო გზის ტრასა ამ ქალაქების განლაგების ხაზზე გაივლიდა. მაგრამ ქალაქები მტკვრის მარცხენა სანაპიროზე იმიტომ კი არ აღმოცენდა, რომ აქ აღნიშნული გზა გადიოდა, არამედ, პირუკუ, აღნიშნული სავაჭრო გზის ტრასამ იმიტომ გაიარა მტკვრის მარცხენა სანაპიროზე, რომ აქ უკვე არსებობდა ძლიერი ეკონომიკური რაიონები და ქალაქური ტიპის მოსახლობანი. ადრემონათმფლობელური ხანის ქართლის (იბერიის) ქალაქების განლაგება მტკვრის მარცხენა სანაპიროზე გაპირობებული იყო მდინარის მარცხენა და მარჯვენა სანაპიროს რაიონების ეკონომიკურ მონაცემთა სხვადასხვაობით.

მტკვრის შუა წელის რაიონი, რომელიც ისტორიული ქართლის ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან პროვინციას წარმოადგენდა, დაწინაურებული სოფლის მეურნეობითა და ხელოსნობით ხასიათდებოდა. ძვ. წ. XI—X საუკუნისათვის აქაური მოსახლეობის საქმიანობაში საპატიო ადგილს იჭერს რკინა. ჩქარა (ძვ. წ. IX—VIII) მთავრდება მისი სამეურნეო ათვისებაც ([4], გვ. 115—140). რკინის იარაღის წარმოებაში ამ ხანისათვის ჩამოყალიბებულია რიგი ტექნოლოგიური ხერხები: ცხელი და ცივი ჰედვა, ცემენტაცია, წრთობა-მოშვება, ჰედურობა; საფუძველი ეყრება რკინის თერმულ დამუშავებას; შექმნილია რიგი საშუალო იარაღები: სამარჯვები, სახვრეტები, სატვიფრები და ა. შ. ([5], გვ. 11—13); დაწინაურებულია ხელოსნობის ისეთი დარგი, როგორიცაა ფეიქრობა. კერამიკულ წარმოებაში დადასტურებულია სწრაფმბრუნავი სამეთუნეო ჩარხი და რთული კონსტრუქციის ქურები. ცალკეა გამოყოფილი სახელოსნო უბნები. რკინის სამეურნეო ათვისებას ადამიანის საქმიანობის მანამდე არანახული აქტივობა უნდა გამოეწვია ([6], გვ. 374—375). პროფ. გ. ჩიტაია, ახასიათებს რა ბრინჯაოდან რკინაზე გარდამავალი ხანის ქართულ საზოგადოებას, აღნიშნავს, რომ „ამ პერიოდში მოცემულია ძირითადი სოციალ-ეკონომიკური პირობები, როდესაც ყალიბდება ამ ხალხისათვის დამახასიათებელი კულტურის თავისებურებანი; ეს არის ამჟამად ჩვენთვის გარკვეული შემდეგი მონაცემები: მიწათმოქმედებაში რკინის სახნისი და ვარაუდით რკინის საკვეთელიც, სახვნელი იარაღი სათესი აპარატი, შერეული თესლის გამოყენება მოსავლის

გადიდების მიზნით, კევრი, წყლის წისკვილი, ღვინის დაყენებისა და შენახვის წესები (დიდი ქვევრები), კარაქის დამზადება; ლითონის დამუშავებაში — ჩამოსხმა, გრავირება, ფილიგრანი, მოოქვა, კვერვა, სევადა; გამოქვაბული ქალაქები, კვადრატული სახლი შუაეკეცხლით, მატრიარქატის გადმონაშთები, ხარის კულტი, ქვა-თევზები — „ვეშაპები“, ამირანის ლეგენდის ახალი ფენა, ჭაბანთან და რკინასთან დაკავშირებული“ ([7], გვ. 12—13). სწორედ ამ ხანაში წარმოიქმნება ის მსხვილი სამოსახლოები, რომელთა შესახებ ზემოთ იყო მითითებული. ასეთი სამოსახლოები მტკვრის ორივე სანაპიროზე დასტურდება, მაგრამ თავის შემდგომ განვითარებაში მარცხენა სანაპიროს რიგი სამოსახლოებიდან VII—V სს-ში ქალაქური ტიპის მოსახლობანი ვითარდება (მცხეთა, უფლისციხე, კასპი და ა. შ.), რომლებიც ელინისტურ ხანაში ძლიერი ეკონომიკური აღმავლობის ფაზაში შედიან, ხოლო მარჯვენა სანაპიროს მსხვილი სამოსახლოები ქვეითდება ან სულ ეცემა.

მართლაც, მტკვრის მარცხენა სანაპირო წარმოდგენილია ფართო ველით, რომლის სიღრმე ათობით, ხოლო სიგრძე ასობით კილომეტრით განისაზღვრება. მას სერავს რამდენიმე დიდი მდინარე (არაგვი, ქსანი, ლიახვი, ფრონე და ა. შ.), რომელთა ქვემო დინების დაბლობებს მიწათმოქმედების განვითარების საუკეთესო პირობები გააჩნია. ამასთან, აღნიშნული მდინარეები საირიგაციო მეურნეობის განვითარების საშუალებას იძლევა. შემთხვევითი არ არის, რომ უძველესი ეროვნული ცნობა პირველი სარწყავი არხის გაყვანას მტკვრის მარცხენა სანაპიროზე მიუთითებს ([8], გვ. 708).

ქართლის (იბერიის) ამ ნაწილში რკინის სამეურნეო ათვისების ხანაში რამდენიმე ძლიერი ეკონომიკური რაიონი გამოირჩევა. თვითეულ მათგანში წამოწევას იწყებს ერთი ან რამდენიმე მსხვილი სამოსახლო, რომლებიც თანდათანობით ხელოსნობა-ვაჭრობის ცენტრებადაც იქცევიან. კლასობრივი ურთიერთობის წარმოქმნისას ისინი უკვე ქალაქური ტიპის მოსახლობებად ფორმდებიან, რომელთა განვითარებას კიდევ უფრო აჩქარებს შრომის დანაწილება პროვინციებს შორის და სასაქონლო წარმოების გაფართოება.

ამგვარად, ელინისტური ხანის დამდეგს ამ რაიონში უკვე არსებობდა მაღალგანვითარებული, საკმაოდ მძლავრი სამიწათმოქმედო რაიონები, შესაფერისი სახელოსნო-სავაჭრო ცენტრებით. აღნიშნული პერიოდი აღსანიშნავია იმიტაც, რომ ამ დროს ქართლს და ამიერკავკასიაში არსებული ადგილობრივი სავაჭრო გზების ერთი ყველაზე ძლიერი არტერი ა საერთაშორისო სავაჭრო-სატრანზიტო გზის შემადგენელ ნაწილად იქცა. ცხადია, საერთაშორისო ვაჭრობის ამ არხით წარმართვა განაპირობა ამიერკავკასიის ქვეყნების ეკონომიკურმა განვითარებამ და არა პირუკუ. ცალკეული ქვეყნის შიგნით გზის მიმართულება შეირჩეოდა რაიონების ეკონომიკური დაწინაურებულობის მიხედვით.

ჩვეულებრივ, როცა საერთაშორისო სატრანზიტო-სავაჭრო გზებს ეხებიან, ავტორთა ერთი რიგი ყურადღებას აქცევს მოცემული გზების კიდურებში მდებარე ქვეყნებს და ფიქრობს, რომ ამ გზების არსებობა მხოლოდ აღნიშნული ქვეყნების ინტერესებით არის გაპირობებული; ასეთი მიდგომა საკითხისადმი შეცდომად უნდა მივიჩნიოთ. ის გარემოება, რომ ლათინი ავტორები აღნიშნავენ რომისათვის აღმოსავლეთთან ვაჭრობის დიდ მნიშვნელობას, სრულებით არ გამოდგება იმის დასამტკიცებლად, რომ აღმოსავლეთთან დამაკავშირებელი გზები მხოლოდ რომაული არისტოკრატიის მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას ემსახურებოდა და ამ საფუძველზე იყო წარმოქმნილი: ცხადია, რომი დაინტერესებული იყო აღმოსავლეთთან (ინდოეთი, ჩინეთი, ირანი და ა. შ.) ვაჭრობით, მაგრამ არა ნაკლებ დაინტერესებული იყო ასეთი ურთიერთობით

სხვა ქვეყნებიც (იბერია, არმენია, კოლხეთ-ლაზიკა, ალვანეთი, პონტო და სხვ.). ამასთან დაკავშირებით ზედმეტი არ იქნება აღინიშნოს, რომ საქართველოს, სომხეთისა და აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე წარმოებული არქეოლოგიური გათხრების დროს ადგილობრივი მასალების გვერდით ხშირად გვხვდება როგორც „აღმოსავლური“ (მათ შორის ინდური), ისე „დასავლური“ ნაწარმი. ერთი ქვეყნიდან მიმავალი საქონელი თანდათანობით ილექებოდა სავაჭრო გზებზე მდებარე ქალაქებში და კიდურ ქვეყანას მისი მცირე პროცენტი თუ მიაღწევდა. ვაჭარი იქ ყიდდა თავის საქონელს, საღაც შესაფერის მომხმარებელს ნახულობდა.

ანტიკური ხანის ამიერკავკასიაში კი, როგორც გამოვლენილი ძეგლებიდან ჩანს, საკმაოდ გემოვნებაგანვითარებული საზოგადოებრივი ფენები არსებულა (ყაზბეგის, საძეგურის, წინწყაროს, ბორის, სარგვეშის, ახალდაბის, კლდეეთის, არმაზის, ბაგინეთის და ა. შ. ძეგლები, აგრეთვე ანტიკური ავტორების ცნობები).

ამიერკავკასიის ქვეყნების სოციალ-ეკონომიკური განვითარების დონე დაბალი რომ ყოფილიყო, ცხადია, აქ არსებული გზები ვერ იქცეოდნენ საერთაშორისო სავაჭრო არხის შემადგენელ ნაწილად, რადგან ასეთი არხების მოქმედება დამოკიდებულია იმ ქვეყნების „მხარდაჭერაზე“, რომელსაც ისინი კვეთავენ.

ქართლის მონაკვეთზე ასეთი გზის შემადგენელ ნაწილად იქცა მტკვრის მარცხენა სანაპიროზე არსებული ადგილობრივი სავაჭრო გზა, რომელიც „ზენა სოფლის“ ეკონომიკურად უფრო ღონიერი რაიონების დამაკავშირებელ არხს წარმოადგენდა.

თუ მტკვრის მარცხენა სანაპიროს შევადარებთ მარჯვენას, ვნახავთ, რომ უკანასკნელი წარმოდგენილია ვიწრო ველით, რომლის სიღრმე რამდენიმე კილომეტრით განისაზღვრება. ამასთან, იგი ჩქარა ვადადის ვიწრო და მიწათმოქმედებისათვის ნაკლებ გამოსადეგ მთის ზოლში. აქაური მდინარეების სარწყავად გამოყენებას კოფეციენტიც გაცილებით დაბალია, ვიდრე მარცხენა სანაპიროს მდინარეებისა. კლასობრივი ურთიერთობის ჩასახვისა და განვითარების საწყის სტადიაზე (ძვ. წ. VI—V სს.) მარჯვენა სანაპიროს მსხვილი სამოსახლოები განვითარების ტემპებით ჩამორჩებიან მარცხენა სანაპიროს მსხვილ სამოსახლოებს. უკანასკნელნი წინაეღინისტურ ხანაშივე ქალაქური ტიპის მოსახლობებად ფორმდებიან და თავის შემდგომ აღმავლობაში ჩამოყალიბებული, ელინისტური აღმოსავლეთის ტიპის მონათმფლობელურ ქალაქებად გვევლინებიან; ხოლო მარჯვენა სანაპიროს სამოსახლოები, მართალია, წინაეღინისტურ ხანაში აღწევენ განვითარების ზენიტს, მაგრამ დაქვეითება-დაცემის აშკარა სიმპტომებსაც ამჟღავნებენ. ამის მიზეზი მარჯვენა სანაპიროს რაიონების ეკონომიკური პოტენციალის შეზღუდულობა იყო, რომელიც არ სვამდა ქალაქური ცენტრების საჭიროების საკითხს. იმავე მიზეზით, საერთაშორისო სავაჭრო გზის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილად იქცა მტკვრის მარცხენა სანაპიროს ეკონომიკური რაიონებისა და მათი ცენტრების დამაკავშირებელი ადგილობრივი მთავარი სავაჭრო გზა.

ცხადია, არავინ აპირებს იმის მტკიცებას, რომ სავაჭრო გზებს ქალაქების და ეკონომიკური რაიონების შემდგომი განვითარებისათვის არ ჰქონდეს მნიშვნელობა. სავაჭრო გზები ხომ სწორედ ქალაქების როგორც ვაჭრობა-ხელოსნობის ცენტრების სამეურნეო ცხოვრების საჭიროებათა საფუძველზეა გაფორმებული და მათი შემდგომი აყვავება-გაძლიერების ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენს, მაგრამ ანტიკური ხანის ქართლის, სომხეთისა და ალბანეთის ეკონომიკური დაწინაურება რომელიმე სავაჭრო გზის არსებობამ კი არ განსაზღვრა,

არამედ იმ ძირძველმა სამეურნეო კულტურამ, რომელიც ამ ხალხებს მოსდგამდა. ნათქვამის დასამტკიცებლად ანტიკური ხანის ისეთი სავაჭრო გზების მაგალითები გამოდგებოდა, რომლებიც სოციალ-ეკონომიკური განვითარების შედარებით დაბალ საფეხურზე მყოფი ტომების ტერიტორიაზე გადიოდა.

მეოტიდა-კოლხეთის საერთაშორისო სავაჭრო გზის ([3], გვ. 59) იმ მონაკვეთზე, რომელიც აქეების, კერკეტებისა და ჰენიოხების ქვეყანაზე მოდიოდა, ჩვენ დადასტურებული არა გვაქვს არც ერთი საქალაქო ცენტრი. უფრო მეტიც, ამ გზის არსებობას აღნიშნული ტომების ცხოვრებაზე მნიშვნელოვანი კვალი არ დაუჩვენია. ასე რომ, თუ ქვეყნის სამინაო სოციალ-ეკონომიკური განვითარება არ აპრობებს მოცემულ ქვეყანაში საქალაქო ცენტრებისა და სავაჭრო გზების წარმოქმნას, სხვა ქვეყნის ინტერესებისათვის მოქმედ სავაჭრო გზებს არათუ შეუძლია განსაზღვროს მისი სოციალ-ეკონომიური განვითარება, არამედ იგი ამ ქვეყნის ცხოვრებაზე რაიმე შესამჩნევ კვალსაც კი არ ტოვებს.

ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ. რომ 1) ქალაქების წარმოქმნისა და მათი გეოგრაფიული განლაგების განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს ცალკეული ქვეყნის (და მისი რაიონების) სოციალ-ეკონომიკური განვითარების დონე. ეს შეეხება როგორც ქალაქთწარმოქმნას, ისე ქალაქთშენებლობას. უკანასკნელი შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ იქ, სადაც საამისო პირობები მომზადებულია განვითარების წინა საფეხურით და არსებობს საქალაქო ცხოვრების გარკვეული ტრადიცია; 2) სავაჭრო გზებს გარკვეული (და არა გადამწყვეტი) მნიშვნელობა აქვთ მხოლოდ იმ ქვეყნების განვითარებისათვის, რომლებიც მზად არიან ასეთი ურთიერთობისათვის და აქტიურად მონაწილეობენ მასში. ამდენად, ქალაქთა აღმოცენების დაკავშირება სავაჭრო გზებთან დამაჯერებლად არ გამოიყურება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის

ისტორიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 3.7.1958)

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. Г. Саркисян. Градостроительство в Армении при Тигране II и о переселении чужеземцев. Известия Академии наук Армянской ССР, 2, 1955.
2. ით. ლორთქიფანიძე. ანტიკურ ხანაში ინდოეთიდან შავი ზღვისაკენ მიმავალი სტრანზიტო-სავაჭრო გზის შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIX, № 3, 1957.
3. Я. А. Манандян. О торговле и городах Армении в связи с мировой торговлей древних времен. изд. второй, Ереван, 1954.
4. რ. აბრამიშვილი. სამთავროს სამართავანზე აღმოჩენილი გვიანი ბრინჯაოს ხანისა და რკინის ფართო ათვისების ხანის ძეგლების დათარიღებისათვის. აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის შომბე, XIX-A და XXI-B, 1957.
5. ფ. თავაძე, თ. საყვარელიძე, ც. აბესაძე, თ. დვალაძე. სამთავროს სამართავანზე მოპოვებული რკინის საბრძოლო იარაღის ქიმიური, მეტალოგრაფიული და ტექნოლოგიური შესწავლა. აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის III სამეცნიერო სესიის თეზისები. თბილისი, 1955.
6. ფ. ენგელსი. ოჯახის, კრძალსაკუთრებისა და სახელმწიფო წარმოშობა. კ. მარქსი ფ. ენგელსი, რჩეული ნაწარები, II, თბილისი, 1950.
7. გ. ჩიტაია. აკად. ს. ჯანაშია და ქართველი ხალხის წარმოშობის პრობლემა. ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის ინსტიტუტის ნიმუშბილველი, I, თბილისი, 1949.
8. Описание рукописей „Общества распространения грамотности среди грузинского населения“, II, Тифлис, 1906 – 1912.

მეცნიერების ისტორია

3. პარაბმ

ერთი საკითხი ფიზიკის ისტორიისა საქართველოში

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 15.8.1958)

წინამდებარე სტატია მიზნად ისახავს გაარჩიოს მე-18 საუკუნის მიწურულისა და მე-19 საუკუნის პირველი 40 წლის შესანიშნავი ქართველი მეცნიერისა და სახელმწიფო მოღვაწის იოანე გიორგის ძე ბაგრატიონის „კალმასობის“ ის თავები, რომელთა შინაარსი და მნიშვნელობაც საბჭოთა მკითხველისათვის დღემდე უცნობია. ჩვენ აქ ვგულისხმობთ „კალმასობაში“ განხილულ ფიზიკის ზოგიერთ საკითხს.

იოანე გიორგის ძე ბაგრატიონი დაიბადა 1772 წელს და ყოველმხრივი განათლება მიიღო ბატონიშვილების აღმზრდელების ხელმძღვანელობით. მსგავსად ბატონიშვილების უმრავლესობისა, იოანე ბაგრატიონი მეცნიერულ მოღვაწეობასთან ერთად შესანიშნავად ათავსებდა დიპლომატურ და სამხედრო საქმიანობასაც. მან არაერთხელ დაიცვა სამშობლო ოსმალთა, სპარსთა და ლეკთა შემოსევისაგან [2, 3].

1801 წელს სხვა ბატონიშვილებთან ერთად ი. ბაგრატიონიც პეტერბურგში გაგზავნეს.

ი. ბაგრატიონი პეტერბურგში გარდაიცვალა 1839 წელს და დაკრძალულია უფროსი ძმის დავითის გვერდით ნევის მონასტერში.

სიცოცხლის უკანასკნელი 38 წელი პეტერბურგში ი. ბატონიშვილისათვის მეტად ნაყოფიერი აღმოჩნდა. იქ მან შეავსო თავისი ცოდნა მეცნიერების თითქმის ყველა დარგში. ეს ფაქტი დასტურდება იმ მრავალრიცხოვანი შრომებით, რომლებიც მან დასტოვა. აღნიშნული შრომები ი. ბატონიშვილის შვილიშვილის იოანე გრუზინსკის (! მიერ პეტერბურგის საჯარო ბიბლიოთეკას გადაეცა. ჩამოთვლილთა უმთავრეს შრომებს: რუსულ-ქართული ლექსიკონი ექვს ტომად; საქართველოს ისტორია; ისტორიული მოთხრობანი ევროპის სხვადასხვა ხალხების შესახებ; სკულდება; კალმასობა; მოკლე სამედიცინო ლექსიკონი ქართულ, ფრანგულ და სპარსულ ენებზე; საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ენციკლოპედია ლათინურ, რუსულ და ქართულ ენებზე; სწავლება ინგლისური ზნე-ჩვეულების შესახებ; ზოგადი ისტორია ორ ტომად; გეომეტრია; არითმეტიკა; სტერეომეტრია; ლონგიმეტრია; ტრიგონომეტრია; უმაღლესი გეომეტრია; ლოგარითმები; ფორტიფიკაცია; არტილერიის ტაქტიკა; არქიტექტურა; ბოტანიკა; ნატურალური ფილოსოფია; პოეზია და ა. შ. ჩვენ უკვე არ ვახსენებთ მის უამრავ თარგმანს [4].

ი. ბაგრატიონმა იცოდა ქართული, რუსული, ფრანგული, გერმანული, ლათინური, სპარსული ენები.

„კალმასობა“, ანუ ეკლესიის სასარგებლოდ პურისა და ღვინის შეგროვება, საქართველოშიც და რუსეთშიც საყოფაცხოვრებო მოვლენა იყო.

(¹ ბაგრატიონების შთამომავლობის ერთმა ნაწილმა რუსეთში გვარი გამოიცვალა და შემდგომ გრუზინსკად იწოდებოდნენ.

„კალმასობას“ როგორც მეცნიერულ ნაწარმოებს ქართველი ხალხი პირველად 1862 წელს გაეცნო, როდესაც გამოიცა მისი I ნაწილი დ. ბაქრაძის რედაქციით. მას შემდეგ ეს ნაწარმოები რამდენჯერმე გამოიცა ქართველ მეცნიერთა კომენტარებით და რედაქციით, მაგრამ არც ერთ მათგანს ფიზიკის, გეოფიზიკისა და ასტრონომიის შინაარსის შემცველი თავები არ დაუბეჭდავს.

„კალმასობა“ თავისებურ ენციკლოპედიას წარმოადგენს. ავტორმა გამოიყენა გადმოცემის გარკვეული ხერხები და ვააფორმა იგი ორი პირის — იონა ხელაშვილისა და ზურაბ ღამბაშვილის მოგზაურობის სახით. დილოგები ან, უფრო ზუსტად, კითხვა-პასუხი, რომლებიც ბუნებრივად იბადება ყოველი ახალი სიტუაციის დროს, გადმოცემის ძირითად ფორმას წარმოადგენს.

„კალმასობაში“ ავტორი თავის გმირებს აიძულებს ერთმანეთი შეამოწმონ სხვადასხვა მეცნიერების ცოდნაში. ის ფაქტი, რომ აღნიშნული ენციკლოპედიური ნაწარმოები ქართველის მიერაა შექმნილი, მიგვითითებს მე-19 საუკუნის დასაწყისში რუსეთის კულტურულ და მეცნიერულ ცხოვრებაში ჩაბმული ქართველი ინტელიგენციის გონებრივ სიმდიდრეზე. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ძეგლის ავტორი და მისი თანამედროვე იონა ხელაშვილი გატაცებულნი ყოფილან ლომონოსოვის, კარამზინისა და იმ დროის სხვა რუსი მეცნიერების შრომებით. ეს ნათლად ჩანს ცნობილი ქართველი განმანათლებლის, დეკაბრისტების იდეური თანამონაწილისა და გადასახლებაში ა. გერცენის მეგობრის სოლომონ დოდაშვილის (დოდაევ-მაგარსკის) ერთი კერძო წერილიდან: „იონან ბატონიშვილი და იონა ხელაშვილი გულმოდგინედ სწავლობენ შრომებს ლომონოსოვის, კარამზინისა და სხვა რუსი მეცნიერებისა, რომელთა წარჩინებულობა ჰქუხს მაღალ მთაზე“ [1, 5].

საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ ი. ბატონიშვილის კერძო წერილებსა და თვით „კალმასობაში“ ზემოთ დასახელებული გვარების გარდა ვხვდებით ნიუტონის, ეილერის, ვოლტერის, რუსოს, ლოკისა და სხვათა გვარებს. „კალმასობაში“ განხილულია ორასამდე მეცნიერული დისციპლინის ცალკეული საკითხი. ამ ძეგლმა ქართულ ფიზიკურ აზროვნებაზე გავლენა ვერ მოახდინა, რადგან მან საქართველომდე მხოლოდ 1862 წელს მოაღწია, ისიც მხოლოდ I-მა ნაწილმა, ე. ი. იმ ნაწილმა, რომელშიც ფიზიკის შინაარსის თავები გამოტოვებული იყო.

„კალმასობის“ ზომიერადი პარაბრაფი, რომლებიც ფიზიკის საკითხებს შეეხება

ხელნაწერი, H № 2170

საუბარი მიკროსკოპისა და ლუპის შესახებ

გვ. გვ. 169 r, v; 170 r, v; 171 r, v.

ავტორი იხილავს მარტივ და რთულ მიკროსკოპებს, მათ დანიშნულებას და იძლევა მიკროსკოპის გამადიდებლობის განსაზღვრას. ამ საუბარში საინტერესოა ავტორის ერთი წინასწარმეტყველება: „...და შეწევნათა ესე გუარათა მიკროსკოპათათა შესაძლებელ არს ესეგუარათა უკუე ნივთებთა განხილვა, რომელნიცა ჩუენდა ვიდრე აქამომდე არა უწყებულ სადამე არს“.

მიკროსკოპული ტექნიკის სწრაფმა განვითარებამ მე-20 საუკუნეში ნათლად დაადასტურა ავტორის წინასწარმეტყველება.

საუბარი სიჩქარის შესახებ
გვ. გვ. 173 v; 174 r, v; 175 r, v; 176 r.

განხილულია სიჩქარე როგორც სკალარული სიდიდე. მოცემულია ფარობითი სიჩქარის ცნება, მოყვანილია მაგალითები. ავტორი აღნიშნავს, რომ ციური სხეულების სიჩქარე საგრძნობლად აღემატება დედამიწაზე არსებული სხეულების სიჩქარეს. განხილულია დედამიწის ბრუნვა მზისა და საკუთარი ღერძის ირგვლივ. ავტორი აღნიშნავს, რომ დედამიწის ზედაპირზე უდიდესი სიჩქარე იმ სხეულებს აქვთ, რომლებიც ეკვატორზე არიან მოთავსებული. ქვემოთ ი. ბაგრატიონი განიხილავს ორი სიჩქარის ორიგინალურ შედარებას: დამზერილი სიჩქარისა გონების სიჩქარესთან. ავტორი ასკვნის, რომ „გონებას სიმსწრაფლე არს ესეგუარ: ოდეს წარმომიდგების მე ინდოეთი, მყისვე მუნ ვარ გონებით და სხუანი ესევითარნი“. და ქვევით: „...და ამით უაღმატესობს გონებისა სიმსწრაფლე, ვინაჲდგან ვითარცა დღე, ეგრეთვე ღამე მოქმედებს უკუე ერთგვარად, ხოლო თუალი უკუე არა ესეგუარ“.

როგორც ვხედავთ, აქ ავტორი ფიზიკის საგნის საზღვრებს სცილდება, იგუბება ცოცხალ ბუნებასაც, რაც მე-18 საუკუნისა და მე-19 საუკუნის დასაწყისის ბევრი ბუნებისმეტყველისათვის ჯერ კიდევ დამახასიათებელი იყო.

საუბარი ფერების შესახებ
გვ. გვ. 222 r, v; 223 r, v.

ი. ბაგრატიონის მიხედვით ფერის წარმომშობი მიზეზი თვით სხეულშია და არა სხვაგან სადმე, ამიტომაც „ხედვა საზოგადოდ არს ვითარცა ფილოსოფთადმი ესსახედ ლიტონთა ერთადმიცა...“ შემდეგ ავტორი ჩამოთვლის მზის სპექტრის შემადგენელ ფერებს (არამიდევრობით) და დასძენს, რომ ფერი არ არის ნივთიერება, ეს სხეულის თვისებაა. ავტორი ეხება ნიუტონის მიმდევრების მოსაზრებას ფერთა შესახებ და ასკვნის, რომ ფერის შეგრძნება დამოკიდებულია აგრეთვე ადამიანის გრძნობათა ორგანოებზე. კონკრეტულად რით გამოიხატება ეს უკანასკნელი, გაუგებარია. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ავტორი გულისხმობს ე. წ. „დალტონიზმს“, რომელიც 1794 წელს იყო აღწერილი და გამოქვეყნებული ინგლისელი ფიზიკოსისა და ქიმიკოსის ჯონ დალტონის (1766-1844) მიერ. შემდეგ ავტორი ეხება მინის პრიზმის თვისებებს და აღნიშნავს, რომ პრიზმში გავლის გამო სპექტრს იძლევა არა მარტო მზის სხივი, არამედ ანთებული ცეცხლის ალიც.სანთლის ალიც და ნაკვერჩხალიც კი. დასასრულს ავტორი მიგვითითებს ეილერისა და დამასკელის წიგნებზე, რომლებშიც უფრო ვრცლად არის აღწერილი ეს მოვლენა.

როგორც ვხედავთ, ავტორი ეყრდნობა ლ. ეილერისა და ი. დამასკელის შრომებს, მაგრამ რომელს — არ მიგვითითებს. როგორც ცნობილია, იოანე დამასკელი მე-8 საუკუნის ბიზანტიელი სწავლული იყო. მას მრავალი შრომა დაუტოვებია ფილოსოფიური და ღვთისმეტყველების ხასიათისა. ამათგან ჩვენთვის განსაკუთრებით საინტერესოა „ცოდნის წყარო“ [7], რომელიც მე-12 საუკუნეში ქართულ ენაზე თარგმნა არსენ იყალთოელმა¹. იგივე შრომა არსენ

¹ არსენ იყალთოელი (1050—1125)—ფილოსოფოსი. მართლმადიდებელი ქრისტიანობის დამცველი და ერთიკულ მიმდინარეობათა მოწინააღმდეგე. იყალთოელის შრომებიდან ჩვენთვის საინტერესოა „ქისიკა“ და „დოგმატიკა“. 1114 წ. ა. იყალთოელმა იყალთოში დაარსა აკადემია, რომელშიც საკუთარი სახელმძღვანელოებით ასწავლიდა ფიზიკასა და ფილოსოფიას.

იყალბოვებამდე ცალ-ცალკე უთარგმნიათ: ექვთიმე ათონელი⁽¹⁾, ეფრემ მცირე⁽²⁾ და თეოფილე ხუცესმონაზონს⁽³⁾, მაგრამ დავით აღმაშენებლის⁽⁴⁾ რეკომენდაციით დამკვიდრდა არსენისეული თარგმანის უპირატესობა. აღსანიშნავია, რომ ანტონ I და დავით ბატონიშვილიც არა ერთხელ ახსენებენ როგორც გამოყენებულ წყაროს „დამასკელის წიგნი“, მაგრამ არ აღნიშნავენ, თუ რომელს. ჩვენ ვვულისხმობთ, რომ ეს წიგნი „ცოდნის წყაროა“, იმიტომ რომ იგი საშუალო საუკუნეებში ყველგან სახელმძღვანელოდ იყო მიღებული სასკოლო-აღმზრდებლობით სისტემაში და რომ ეს ძველი ქართველებს რამდენჯერმე უთარგმნიათ ქართულ ენაზე. ეს გარემოება გვაფიქრებინებს, რომ აღნიშნული ძველი ქართველთა შორის დიდი პოპულარობით სარგებლობდა [6].

საუბარი ნამისა და თრთვილის შესახებ

გვ. 234 r, v.

პარაგრაფში მოცემულია ნამისა და თრთვილის მოვლენების ახსნა. აქ განსაკუთრებით საინტერესოა ნამის ორიგინალური კლასიფიკაცია. ავტორი ნამს ორ ჯგუფად ყოფს: პირველ ჯგუფში იგი ათავსებს მსხვილი წვეთების სახით წარმოქმნილ ნალექს და მას „ცვარს“ უწოდებს; მეორე ჯგუფში კი ათავსებს ნალექს, რომელიც წვრილი წვეთების სახით გამოიყოფა და მას „ნამს“ უწოდებს. წვეთების სიდიდის მიხედვით ნამის ასეთ კლასიფიკაციას იმ დროს პირველად იოანე ბატონიშვილთან ვხვდებით.

საუბარი ოპტიკის შესახებ

გვ. გვ. 235 v; 236 r, v.

კითხვაზე, თუ რა არის ოპტიკა, ერთ-ერთი თანამოსაუბრე იძლევა პასუხს, რომლითაც განმარტავს ოპტიკის საგანს და, როგორც მოსალოდნელიც იყო, მხოლოდ გეომეტრიული ოპტიკისა. ქვემოთ ახსნილია სხეულთა ხილვის მიზეზი. ამ პარაგრაფში ავტორი სცილდება თანამებრძოლებს და ოპტიკის საგანში შემოაქვს არა მარტო ხილული გამოსხივება, არამედ „ბნელი“, „უცხადო“ განოსხივებაც. ოპტიკის საგნის ასეთი განმარტება ფიზიკის ისტორიაში ი. ბაგრატიონამდე ჯერ არავის მოუცია. თუმცა აქ შეიძლება დავეჭვდეთ კიდევ: „ბნელი“, „უცხადო“ გამოსხივების სახით შეიძლება ვიგულისხმოთ ე. წ. „თვალის სხივები“, რომლის შესახებ გამოთქმულ ჰიპოთეზას ვხვდებით ძველი ბერძნების პითაგორას, პლატონის, ეპიკურის, ჰიპარხის, ევკლიდის, ლუკრეციუსის, პერონის, სენეკის, კ. პტოლომისა და სხვათა შრომებში, ხოლო უფრო გვიან, მე-11 საუკუნეში — არაბი მეცნიერის ალგაზენისა და ბოლოს დეკარტეს (მე-17 ს.) შრომებშიც კი. ემპირიკულ დასაშვებად მიაჩნდა სხეულიდან გამოსხივებული სხივების არსე-

(1) ექვთიმე ათონელი (955—1028)—ათონის სალიტერატურო სკოლის მამამთავარი, ათონის ივერიის მონასტრის ერთ-ერთი ფუძემდებელი.

(2) ეფრემ მცირე (კარიჭის-ძე)—მე-11 საუკუნის ცნობილი მეცნიერი, ფილოზოგი, ფილოსოფოსი, ისტორიკოსი და შესანიშნავი მთარგმნელი.

(3) თეოფილე ხუცესმონაზონი — მე-11 საუკუნის ნაყოფიერი მწერალი.

(4) დავით აღმაშენებელი (1084—1125)—მეცნიერებისა და კულტურის დიდი მოამაგე. დავით აღმაშენებელი თვითონაც მონაწილეობდა მეცნიერულ კვლევაში. მემბტიანე ჯადოგვცემს, რომ მან კარგად იცოდა ასტრონომია [6].

ბობაც; მისი აზრით, ამ ორი სახის სხივების შერევით წარმოიქმნება გამოსახულება. ანალოგიური შეხედულებისა იყვნენ პლატონი და ასტრონომი ჰიპარხი [8, 9, 10].

შეიძლება ი. ბაგრატიონი ამ უკანასკნელ განმარტებას გულისხმობს, ეს მხოლოდ ჩვენი ნაწილობრივი დაშვებაა. შეიძლება ისიც, რომ ავტორი „ბნელ“ გამოსხივებაში გულისხმობს ულტრაიისფერ გამოსხივებას, რომელიც 1800—1801 წლებში აღმოაჩინეს შეელემ, ჰერშელმა და რიტერმა [16].

ხელნაწერი H № 2158

საუბარი ნივთიერების აღნაგობის შესახებ

გვ. გვ. 25 v; 26 r, v; 27 r, v; 28 r.

საუბარში ავტორი განსაზღვრავს მარტივ და რთულ ნივთიერებებს, მოყავს მაგალითები. ქვევით ავტორს მოყავს ნივთიერების სამგვარი განმარტება: „არისმეტიკებრი“, „მეტაქისიკებრი“ და „ქისიკებრი“. „არისმეტიკებრის“ სახით ავტორი გულისხმობს მარტივ ნივთიერებათა ჯამს. შემდეგ ავტორი წერს: „ხოლო ფისიკური მხოლოდ არს იგი, რომელიცა განიწვალების ვიდრე დაუსრულებლობამდე...“ აქ ჩვენ ვხვდებით იოანეს უფროსი ძმის დავით ბატონიშვილის შეხედულებათა განმეორებას, რომელიც მან თავის „შემოკლებულ ფისიკაში“ განავითარა (§ 12), (11). საუბარში ავტორი დასძენს, რომ ნივთიერების დაშლის დაუსრულებლობა მიუღებელია მეტაფიზიკური და „არისმეტიკური“ თვალთახედვით. დასასრულს ავტორი ფიქრობს, რომ თითქმის დაუსრულებელი დაყოფის დროს ნივთიერების რაოდენობა არ იცვლება.

ხელნაწერი S № 5374

საუბარი კოსმოგრაფიის შესახებ

გვ. გვ. 156 r, v; 157 r, v.

აღნიშნულ პარაგრაფში ავტორი დედამიწის ფორმას ღებულობს „კვერცხისებურს“ და დასძენს, რომ გეოგრაფები მოხერხებისათვის გლობუსს სფეროსებურს ამზადებენ, რაც სწორი არ არისო.

ავტორის მხედვით, სამყარო წარმოადგენს სივრცეს, რომელსაც დასასრული არა აქვს.

კითხვაზე, რისგან შედგება მზე, მოსაუბრე უპასუხებს, რომ „იგი არს საკუთრად ცეცხლი ან ნივთი ესე გუარაი, რომელიცა აღეგზნების თავით თვისით არა მექონე საჭიროებისა სხუათა გარეშეთა შემწველთა ნივთებთაგან ვასხებად“ (ხაზგასმა ჩვენია — ვ. პ.).

ძნელია მტკიცება იმისა, რომ ი. ბაგრატიონი ამ სტრიქონებში გულისხმობდა იმ გარდაქმნებს, რომლებსაც განუწყვეტილვ აქვს ადგილი მზეზე და რომელთა შესახებაც ჩვენ მხოლოდ მე-20 საუკუნეში შევიტყეთ. შეიძლება ეს წინასწარმეტყველება შემთხვევითია, მაგრამ სასიამოვნო თანხედრათა, რადგან მზეზე მიმდინარე გარდაქმნების შესახებ, რაც შეიძლება მისი ენერჯის წყაროდ გახდეს, ლაპარაკი შესაძლებელი გახდა მხოლოდ ა. ეინშტეინის მიერ 1905 წ. ენერჯისა და მასის ექვივალენტობის პრინციპის დადგენის შემდეგ.

დასასრულს ავტორი გამოდის წინააღმდეგ საღმრთო წერილებისა და ძველი სწავლულებისა, რომელთა მიხედვით მზე დედამიწის ირგვლივ ბრუნავს; ავტორი აქვე აღნიშნავს, რომ „ახლების“ მიხედვით მზე მხოლოდ თავისი ღერ-

ძის ირგვლივ ბრუნავს, ხოლო დედამიწა ბრუნავს როგორც მზის ირგვლივ, ისე საკუთარი დერძის ირგვლივ.

ამგვარად, ი. ბატონიშვილი მარტო გეოცენტრული სისტემის უარყოფელად და ჰელიოცენტრული სისტემის დამცველად კი არ გამოდის, არამედ ერთდროულად ხაზს იმასაც უსვამს, რომ საღმრთო წერილის შეხედულება სწორი არ არის.

დასკვნები

„კალმასობის“ ხელნაწერის ის თავები, რომლებიც ფიზიკის, გეოფიზიკისა და ასტრონომიის საკითხებს ეხება, დღემდე არავის განუხილავს. ამ თვალთახედვით ხელნაწერი პირველად შეისწავლება.

ი. ბაგრატიონმა იცოდა ექვსი ენა: ქართული, რუსული, გერმანული, ფრანგული, ლათინური და სპარსული. იგი გატაცებული იყო მ. ლომონოსოვის, ნ. კარამზინის, ფ. ვოლტერის, შ. რუსოს, ჯ. ლოკის, ი. დამასკელის, ი. ნიუტონის, ლ. ეილერის, სულხან-საბა-ორბელიანის, „ახილ ქისიკოსთა და სხვა ქისიკოსთა“ შრომებით. ფიზიკის ხელნაწერი იხილავს როგორც მკვდარ, ისე ცოცხალ ბუნებასაც, ე. ი. მასში ჯერ კიდევ იგრძნობა ძველი ბერძნული და ბიზანტიური გავება ფიზიკისა.

„კალმასობის“ ტექსტი ნახაზებს არ შეიცავს, რაც ოპტიკის საკითხების შესწავლისას განსაკუთრებით იგრძნობა. ძველში გამოყენებული არ არის მათემატიკური აპარატი.

ი. ბაგრატიონი გამოდის ჰელიოცენტრული სისტემის დამცველად და გეოცენტრული სისტემის ამკარა მოწინააღმდეგედ. იგი აკრიტიკებს გეოგრაფებს და ზოგიერთ ფიზიკოსს, რომელნიც გლობუსს ამზადებენ სფეროსებურს და არა „კვერცხისებურს“. ი. ბატონიშვილი მკვეთრად აშიშვლებს „საღმრთო წერილებისა და ძველი სწავლულების“ ცრუ მეცნიერებას. ი. ბაგრატიონის მიხედვით, სამყაროს დასასრული არა აქვს. ავტორი ბუნებაში მხოლოდ ფარდობით სიდიდეებს აღიარებს, აბსოლუტური სიდიდენი მისთვის მიუღებელია. ი. ბატონიშვილის მიხედვით, ნივთიერების დაშლას საზღვარი არა აქვს. მიკროსკოპის განხილვისას ავტორი ჯერ კიდევ მაშინ წინასწარმეტყველებდა, რომ მისი საშუალებით აღამიანი დღემდე უხილავ სხეულებს დაინახავს, რომ არსებობს ე. წ. „ბნელი“, „უცხადო“ გამოსხივება, რაც ფიზიკის ისტორიაში მანამდე არავის უთქვამს. მეორე მხრივ, შეიძლება ვიფიქროთ, რომ „ბნელი“ გამოსხივების სახით ავტორი გულისხმობს ულტრაიისფერ გამოსხივებას, რომელიც 1800—1801 წლებში აღმოაჩინეს შეე ლემ, ჰერშელმა და რიტერმა [16].

მზის გამოსხივებას ავტორი ხსნის მასზე მუდმივად წარმოებული გარდაქმნებით, ვარემოდან სხვა ნივთიერების მიღების გარეშე. ამ მოვლენის ამგვარი ახსნა გასაგები გახდა მხოლოდ ა. ეინშტეინის მიერ ენერჯისა და მასის ეკვივალენტობის პრინციპის დადგენის შემდეგ.

მეტეოროლოგიის ისტორიაში პირველად ი. ბაგრატიონმა დაყო ნამი ორ ჯგუფად: პირველ ჯგუფს მან მიაკუთვნა მსხვილწვეთებიანი ნალექი და დაარქვა ცვარი, ხოლო მეორე ჯგუფს — წვრილწვეთებიანი ნალექი და დაარქვა მას ნამი. ის ფაქტი, რომ ი. ბაგრატიონი უმთავრესად ლ. ეილერის „ფიზიკას“ ეყრდნობა, ჩვენ გვაძილებს ვიფიქროთ, რომ „კალმასობის“ ავტორი კარგად ერკვეოდა მე-19 საუკუნის პირველი მეოთხედის ფიზიკის საკითხებში, რადგან ეილერის „ფიზიკის“ ორტომეული იმ დროს ყველაზე უფრო სისტემატურ და სრულ კურსად ითვლებოდა [12, 13]. ცნობილი კია, რომ ეილერის „ფიზიკის“ გვერდით არსებობდა: კრატის „ფიზიკა“; ვოლფის — „ექსპერი-

მენტული ფიზიკა“; ვოლფს — „თეორიული ფიზიკა“ [15]; ფიზიკის სახელმძღვანელოები: ნოლეს, ებერგარდის, მუშენბერკის, გილიაროვსკის, სპეიანსკის, ბრისტონის, შრედერის, სტრახოვის, პაროტის, დვიგუბკისა და ა. შ., თუ არ ჩამოვთვლით ფიზიკის სახელმძღვანელოებს უცხო ენებზე [14]. გამომდინარე იქიდან, რომ ი. ბატონიშვილის სიცოცხლეში ქართულ ენაზე უკვე თარგმნილი იყო ხ. ვოლფის „თეორიული ფიზიკა“, გილიაროვსკის „ფიზიკა“ (სამ ტომად) და სხვადასხვა წიგნები ფიზიკის ცალკეულ საკითხებზე როგორც რუსი, ისე სხვა ავტორებისა, ჩვენ ვასკვნით: 1) ლ. ეილერს ი. ბატონიშვილს მალე აყენებდა. 2) ვოლფს, გილიაროვსკისა და ირანელ ავტორებს არ თანაუგრძნობდა.

„კალმასობის“ განხილვა საინტერესოა ქართული ფიზიკური ტერმინოლოგიის თვალსაზრისითაც, რადგან მრავალი ქართული ტექნიკური ტერმინი დღესაც კი ცხოველ კამათს იწვევს.

დასასრულს საჭიროდ მიგვაჩნია აღვნიშნოთ, რომ შესანიშნავი და მოწინავე ფიზიკური იდეები, რომლებიც „კალმასობაში“ გვხვდება, ავტორის მიერ შეთვისებული იყო რუსეთში, რუს მეცნიერებთან ურთიერთობის გამო და პეტერბურგის მდიდარი წიგნთსაცავების დახმარებით.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 15.8 1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Царевич И. а. Калмасоба или хождение по сбору. Перевод и комментарий Варлаама Дондуа. Тбилиси, 1945.
2. იოანე ბატონიშვილი. კალმასობა. დ. ბაქრაძის წინასიტყვაობით. თბილისი, 1895.
3. П. Бутков. Материалы для новой истории Кавказа, т. II, 1869.
4. А. Цагарели. Сведения о памятниках грузинской письменности. СПб, 1894.
5. სოლომონ დოდაშვილი. კერძო წერილი, 1886 წლისა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ხელნაწერთა ინსტიტუტის ხელნაწერი, Н № 2226.
6. გარნელი კეკელიძე. ძველი ქართული მწერლობის ისტორია, ტ. I, თბილისი, 1954.
7. იოანე დამასკელი. ცოდნის წყარო. ა. იყალთოელის თარგმანი. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ხელნაწერთა ინსტიტუტის ხელნაწერი, S № 1463.
8. П. С. Кудрявцев. История физика, т. I, Москва, 1956.
9. О. Д. Хвольсон. Курс физики, т. I, М.—Л., 1933.
10. Ф. Розенбергер. История физики, т. I, М.—Л., 1937.
11. ვ. პარკაძე. დავით ბატონიშვილი და მისი „შემოკლებული ფიზიკა“, თბილისი, 1954.
14. История Академии Наук СССР, том I, М.—Л., 1958.
13. С. И. Вавилов. Собр. соч. т. III, изд. АН СССР, М.—Л., 1956.
14. Очерки по истории физики в России, под редакцией А. К. Тимирязева. Москва, 1949.
15. Вольфианская. Теоретическая физика. СПб, 1760.
16. Ф. Даннеман. История естествознания, т. III, М.—Л., 1938.

მთ. რედაქტორი — საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
აკადემიკოსი რ. დვალაი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 20.4.1959; შეკვ. № 322; ანაწყოების ზომა 7×11 ;
ქალაქის ზომა 70×108 ; სააღრიცხვო-სავაჭომოც. ფურცლების რაოდენობა 8,5;
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 10,96; უე 01474; ტირაჟი 800

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



დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრის“ შესახებ

1. „მოაზრეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გამოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოაზრეში“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოაზრე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 8 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი წლის ნაკვეთები (სულ 6 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე ბარალეურ გამოცემაში.
5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს; არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსებისა და წევრი-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოაზრის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრი-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრი-კორესპონდენტს განსაზღვრულ და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალად თითოეულ ენაზე, სავსებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღნიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა სათანადო ენებზე უნდა აღნიშნოს დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ხვეულებრივად, არა უმეტეს ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოუდგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 25-25 ამონაბეჭდი ქართულ და რუსულ ენებზე.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძეგლძინსკის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XXII, № 4, 1959

Основное, грузинское издание