

1959/2



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
მ ო ე მ ბ ე

ტომი XXII, № 3

ძირითადი, ქართული განმოსაზრება

1959

მ ა რ ა პ ი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი



შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

1. შ. მიქელაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). ზოგიერთი მაღალი რიგის იტერაციის შესახებ	257
ღრეპალოვის თეორია	
2. ვ. კუბარაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). დრეკადობის თეორიის სასაზღვრო ამოცანების შესახებ უბნობრივ არაერთგვაროვანი ტანებისათვის. არსებობის თეორემის დამტკიცება	265
ჰილბერტის პრობლემა	
3. თ. ვლინოვი-სიანოვიჩი და ვ. ლომთაძე. კალაბრების ანგარიში წყლის დამყარებულ ნელცვლად მოძრაობაზე	273
ფიზიკა	
4. ს. მატინიანი და ო. ჭეიშვილი. ელემენტარულ ნაწილაკთა გადამუხტვა ნუკლონებზე და დეიტონებზე	281
ჰიმიური ტექნოლოგია	
5. ვ. ზედგინიძე და თ. იოსელიანი. წიდაპორტლანდცემენტის დასაზადებლად ამიერკავკასიის მეტალურგიული ქარხნის ნაყარი ბრძმედული წილების ვარგისობის შესწავლის საკითხისათვის	287
კლიმატოლოგია	
6. შ. ჩხაიძე. აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის მიდამოებში ატმოსფერული რეჟიმის ზოგი თავისებურების შესწავლისათვის	295
ბიოლოგია	
7. ს. ჩიხელიძე. ნახშირმყავა მინერალური წყლების დინამიკის თავისებურების ზოგიერთი შედეგი	301
პალეონტოლოგია	
8. მ. ფოფხაძე. დიორფიზმი მხაროფენიანებში	309
ტექნიკა	
9. ლ. მუხაძე. კომპლექსური ფუნქციის გამოყენებით დამრეცი გარსების ანგარიში ზოლების მეთოდით	313
10. გ. ამბოჯაძე. ავტომობილის მექანიზმების საგანოცდო სტენდი	321
მეტალურგია	
11. ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ი. ბაირამაშვილი და გ. ცაგარეიშვილი. მანგანუმის გავლენა თუჯის განვითარებაზე ვაკუუმური დნობისას	329
12. ლ. ოკლეი და ჯ. ლომსაძე. დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევა ცილინდრის განივად დასმისას	337
მეტყეობა	
13. ა. გედენიძე. წაბლის ამონაყრითი განახლება	343
ზოოლოგია	
14. თ. როდონაია და გ. ენუქიძე. ზოგიერთი მონაცემი საქართველოში ტრიქინელოზის შემთხვევების შესახებ გარეულ ძუძუმწოვარ ცხოველებში	351
ფიზიოლოგია	
15. ნ. ხერხეულიძე. კატების სივრცითი ორიენტაცია წრისებრი გადანაცვლების დროს	355
ექსპერიმენტული ბიოლოგია	
16. ე. სემენსკაია. სისხლის შედედების სისტემა ფიზიოლოგიისა და მედიცინის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე	361
17. ი. ანდელუაძე. ლუგელას მინერალური წყლის გავლენა მუცლის ღრუს ექსუდატის ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობასა და უჯრედოვან შემადგენლობაზე	369
18. თ. სააკაშვილი. რედუცირებული სისხლის მიმოქცევის ექსპერიმენტული გამოკვლევა	375
ხელოვნების ისტორია	
19. ლ. შერვაშიძე. XVI საუკუნის ერთი ქართული ხელნაწერის მინიატურების თავისებურებათა შესახებ	379

შ. მიქალაძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

ზოგიერთი მაღალი რიგის იტერაციის შესახებ

§ 1. მაღალი რიგის იტერაციები ერთუცნობიანი განტოლებისათვის

შრომაში მოცემულია მაღალი რიგის იტერაციების მიღების ზოგადი მეთოდი ერთი განტოლებისათვის და განტოლებათა სისტემისათვის. მიმდევრობითი იტერაციები სწრაფად იკრიბება საძიებელი ამონახსნისკენ (ამონახსნებისკენ), რისთვისაც სავალდებულო არ არის, რომ იტერაციების განმსაზღვრელ ფუნქციებს ყოველი რიგის წარმოებულები ჰქონდეთ. როგორც ერთი განტოლების, ისევე განტოლებათა სისტემის შემთხვევაში მეთოდი გამოდგება ნამდვილი და კომპლექსური ფესვების მოსაძებნად. მეთოდი ერთნაირად ვარგისია როგორც ალგებრულ, ისე ტრანსცენდენტულ განტოლებათათვის.

თავდაპირველად განვიხილოთ იტერაცია ერთუცნობიანი განტოლების ამონახსნისათვის. ზოგადობისთვის იტერაციის განმსაზღვრელი ფუნქცია კომპლექსური ცვლებადის ფუნქციად ჩავთვალოთ.

ვთქვათ, მიმდევრობა განისაზღვრება z -ის საწყისი z_0 მნიშვნელობით და ტოლობით

$$z_n = z_{n-1} - \sum_{k=1}^m a_k w_k(z_{n-1}), \quad (1)$$

სადაც

$$w_k = \frac{f(z_{n-1})}{f'(z_{n-1} + \beta_{k-1} w_{k-1})} \quad (k = 1, 2, \dots, m),$$

ხოლო a_k და β_{k-1} ჯერჯერობით უცნობი მუდმივებია.

თუ $f(z) = 0$ განტოლების მარტივი α ფესვის მოსაძებნად მოვიმარჯვებთ

(1) ფორმულას, მივიღებთ იტერაციას, განსაზღვრულს

$$z = \varphi(z) \equiv z - \sum_{k=1}^m a_k w_k(z)$$

ფუნქციით, სადაც

$$w_k(z) = \frac{f(z)}{f'(z + \beta_{k-1} w_{k-1}(z))}$$



აქ a_k და β_{k-1} უნდა შეირჩეს ისე, რომ $\varphi(x)$ ფუნქციამ განსაზღვროს შესაძლოდ მაღალი რიგის იტერაცია. ეს შესაძლებელია მაშინ, როცა $x = \alpha$ წერტილში მოისპობა შესაძლოდ მეტი რიცხვი $\varphi(x)$ -ის პირველი წარმოებულებისა.

ასე, თუ $m = I$ და $\beta_0 = 0$, ერთადერთი უცნობი a_1 კოეფიციენტის მოსაძებნად მივიღებთ განტოლებას:

$$\varphi'(\alpha) = I - a_1 \omega'_1(\alpha) = I - a_1 \frac{f'(\alpha) - f(\alpha) f''(\alpha)}{f'(\alpha)} = 0.$$

აქედან ვპოულობთ: $a_1 = I$, ასე რომ

$$\varphi(x) \equiv x - \frac{f(x)}{f'(x)}$$

და ფორმულა (1) ნიუტონის მეთოდით განსაზღვრული იტერაციის პირდაპირ განზოგადებას გვაძლევს.

განვიხილოთ ახლა შემთხვევა, როცა $m > I$. ამასთანავე, თუ ისევ $\beta_0 = 0$, მაშინ ჩვენ შევძლებთ თანდათანობით ყველა $a_k(x)$ ფუნქციის მიღებას:

$$\omega_1 = \frac{f(x)}{f'(x)}, \quad \omega_2 = \frac{f(x)}{f'(x + \beta_1 \omega_1)}, \quad \omega_3 = \frac{f(x)}{f'(x + \beta_2 \omega_2)}, \dots \quad (2)$$

სადაც, თანახმად ზემოთ ნათქვამისა, β_k უცნობებმა და a_k კოეფიციენტებმა წერტილში $x = \alpha$ უნდა აქციონ ნულად $\varphi(x)$ ფუნქციის რამდენიმე (შესაძლოდ დიდი რიცხვი) პირველი წარმოებულებისა. $\varphi(x)$ -ის გაწარმოებით ვღებულობთ განტოლებებს β_k და a_k -ს განსაზღვრისათვის:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=1}^m a_k \omega'_k(\alpha) &= I, \\ \sum_{k=1}^m a_k \omega''_k(\alpha) &= 0, \\ \sum_{k=1}^m a_k \omega'''_k(\alpha) &= 0, \\ &\dots \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

მეორე მხრივ, (2) დამოკიდებულებანი შესაძლებელია გავაწარმოოთ და მიღებულ ტოლობებში x გავუტოლოთ α -ს. ჩვენ ამნაირად თანდათანობით გამოვთვლით $\omega^{(k)}(\alpha)$ წარმოებულებებს, რომლებსაც შემდგომ შევიტანთ (3)-ში. ახლა საკმარისია a_k და β_k -ს სათანადოდ განსაზღვრა მიღებული განტოლებებიდან, რომ დასმული ამოცანა ამოხსნილად ჩაითვალოს. თავისთავად ცხადია, რომ იტერაციული ფორმულების მისაღებად შესაძლებელია ზოგიერთი β_k და a_k რიცხვი წინასწარ დასახელდეს, ხოლო დანარჩენი (დანაკლისი რიცხვები) ახლახან მიღებული სისტემიდან განისაზღვროს.

(2) დამოკიდებულებათა პირველი გაწარმოება და გამოყენება ტოლობისა $\omega_k(\alpha) = 0$ გვარწმუნებს, რომ $\omega'_k(\alpha) = I$ ნებისმიერი k -სათვის. ახლა

თუ $\omega_2(\alpha)$ და $\omega'_2(\alpha)$ -ს ამ მნიშვნელობებს შევიტანთ მეორედ გაწარმოებით მიღებულ გამოსახულებებში, ვიპოვით:

$$\omega_1''(\alpha) = -\frac{f''(\alpha)}{f'(\alpha)}, \quad \omega_2''(\alpha) = -(1 + 2\beta_1) \frac{f''(\alpha)}{f'(\alpha)},$$

$$\omega_3''(\alpha) = -(1 + 2\beta_2) \frac{f''(\alpha)}{f'(\alpha)}, \quad \omega_4''(\alpha) = -(1 + 2\beta_3) \frac{f''(\alpha)}{f'(\alpha)}.$$

უკანასკნელთა შეტანა $\omega_2'''(\alpha)$ -ის გამოსახულებაში გვძლევს:

$$\omega_1''' = 3 \frac{f'''^2}{f'^2} - 2 \frac{f'''}{f'},$$

$$\omega_2''' = (3 + 12\beta_1 + 6\beta_1^2) \frac{f'''^2}{f'^2} - (2 + 6\beta_1 + 3\beta_1^2) \frac{f'''}{f'},$$

$$\omega_3''' = (3 + 12\beta_2 + 6\beta_2^2 + 6\beta_1\beta_2) \frac{f'''^2}{f'^2} - (2 + 6\beta_2 + 3\beta_2^2) \frac{f'''}{f'},$$

$$\omega_4''' = (3 + 12\beta_3 + 6\beta_3^2 + 6\beta_2\beta_3) \frac{f'''^2}{f'^2} - (2 + 6\beta_3 + 3\beta_3^2) \frac{f'''}{f'}$$

და ასე შემდეგ.

დასასრულ, თუ ზემოთ მიღებულ წარმოებულებს $\omega_2^{(4)}(\alpha)$ -ის გამოსახულებაში შევიტანთ, მივიღებთ ფორმულებს:

$$\omega_1^{(4)} = -12 \frac{f'''^3}{f'^3} + 14 \frac{f'' f'''}{f'^2} - 3 \frac{f^{(4)}}{f'},$$

$$\omega_2^{(4)} = -(12 + 78\beta_1 + 84\beta_1^2 + 24\beta_1^3) \frac{f'''^3}{f'^3}$$

$$+ (14 + 76\beta_1 + 78\beta_1^2 + 24\beta_1^3) \frac{f'' f'''}{f'^2}$$

$$- (3 + 12\beta_1 + 12\beta_1^2 + 4\beta_1^3) \frac{f^{(4)}}{f'},$$

$$\omega_3^{(4)} = -(12 + 78\beta_2 + 84\beta_2^2 + 84\beta_1\beta_2 + 24\beta_1^2\beta_2 + 48\beta_1\beta_2^2 + 24\beta_2^3) \frac{f'''^3}{f'^3}$$

$$+ (14 + 76\beta_2 + 78\beta_2^2 + 48\beta_1\beta_2 + 24\beta_1\beta_2^2 + 12\beta_1^2\beta_2 + 24\beta_2^3) \frac{f'' f'''}{f'^2}$$

$$- (3 + 12\beta_2 + 12\beta_2^2 + 4\beta_2^3) \frac{f^{(4)}}{f'},$$

$$\omega_4^{(4)} = -(12 + 78\beta_3 + 84\beta_3^2 + 84\beta_2\beta_3 + 24\beta_2^2\beta_3 + 48\beta_2\beta_3^2$$

$$+ 24\beta_3^3 + 24\beta_1\beta_2\beta_3) \frac{f'''^3}{f'^3}$$

$$+ (14 + 76\beta_3 + 78\beta_3^2 + 48\beta_2\beta_3 + 12\beta_2^2\beta_3 + 24\beta_2\beta_3^2 + 24\beta_3^3) \frac{f'' f'''}{f'^2}$$

$$- (3 + 12\beta_3 + 12\beta_3^2 + 4\beta_3^3) \frac{f^{(4)}}{f'}$$

და ასე შემდეგ.

ვთქვათ, ახლა $m = 4$. β -ს მნიშვნელობებზე მივიღოთ რიცხვები:

$$\beta_0 = 0, \quad \beta_1 = -\frac{1}{2}, \quad \beta_2 = -\frac{1}{2}, \quad \beta_3 = -1.$$

ამ რიცხვების ω_k'' , ω_k''' , $\omega_k^{(4)}$ -ის ($k = 2, 3, 4$) გამოსახულებებში ჩასმა და გამორიცხვა (3)-ში შემავალი $\omega^{(q)}(\alpha)$ -ს ($q = 1, 2, 3, 4$) წარმოებულებისა გვაძლევს ოთხ განტოლებას:

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1,$$

$$(a_1 - a_4) \frac{f''}{f'} = 0,$$

$$(3a_1 - 1,5a_2) \frac{f''^2}{f'^2} - (2a_1 - 0,25a_3 - 0,25a_3 - a_4) \frac{f'''}{f'} = 0,$$

$$\begin{aligned} &(-12a_1 + 9a_2 - 3a_3) \frac{f''^3}{f'^3} + (14a_1 - 7,5a_2 + a_4) \frac{f'' f'''}{f'^2} \\ &+ (-3a_1 + 0,5a_2 + 0,5a_3 + a_4) \frac{f^{(4)}}{f'} = 0. \end{aligned}$$

სწორედ ამ განტოლებების საშუალებით განვსაზღვრავთ a_1, a_2, a_3 და a_4 კოეფიციენტებს. გამოწერილი განტოლებებიდან ვერც ერთი ვერ მიგვიყვანს უაზრო გამოსახულებამდე, რამდენადაც α არის $f(\alpha)$ ფუნქციის მარტივი წერტილი.

ეს განტოლებები დაკმაყოფილდება, როცა

$$a_1 = \frac{1}{6}, \quad a_2 = \frac{1}{3}, \quad a_3 = \frac{1}{3}, \quad a_4 = \frac{1}{6}.$$

გამოთვლები გვარწმუნებს, რომ ამ შემთხვევაში წარმოებული $\varphi^{(5)}(\alpha)$ წერტილისაგან განსხვავებულია, ასე რომ $\varphi(\alpha)$ განსაზღვრავს მეხუთე რიგის იტერაციას.

ახლა დავუბრუნდეთ ჩვენთვის საინტერესო (1) იტერაციას და შევიტანოთ იქ a_k და β_{k-1} -ის მნიშვნელობანი. შედეგად მივიღებთ თეორემას:

თეორემა. თუ $f(\alpha)$ ფუნქცია თავისი პირველი ხუთი წარმოებულთ $f'(\alpha), f''(\alpha), \dots, f^{(5)}(\alpha)$ უწყვეტია α_0 -ის რომელიმე (საკმაოდ მცირე) მიდამოში და თუ ამ მიდამოში განტოლებას

$$f(\alpha) = 0$$

აქვს მხოლოდ ერთი მარტივი $\alpha = \alpha$ ფესვი:

$$f(\alpha) = 0, \quad f'(\alpha) \neq 0,$$

მაშინ მიმდევრობა

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - \frac{1}{2} [\omega_1 + 2(\omega_2 + \omega_3) + \omega_4] \quad (n = 1, 2, \dots), \quad (4)$$

სადაც

$$\omega_1 = \frac{f(\alpha_{n-1})}{f'(\alpha_{n-1})}, \quad \omega_2 = \frac{f(\alpha_{n-1})}{f' \left(\alpha_{n-1} - \frac{\omega_1}{2} \right)},$$

$$\omega_2 = \frac{f(\xi_{n-1})}{f'(\xi_n - \frac{\omega_2}{2})}, \quad \omega_4 = \frac{f(\xi_{n-1})}{f'(\xi_{n-1} - \omega_3)}$$

იკრიბება α -საკენ, როცა $n \rightarrow \infty$, და ამასთანავე ისეთნაირად, რომ იტერაციას აქვს მუდმივი რიგი.

მაგალითისთვის ავიღოთ განტოლება

$$f(x) \equiv x^2 - \ln x - 2 = 0$$

და მოვიძებნოთ ამ განტოლების ნამდვილი α ფესვი, რომლის მნიშვნელობა ერთს უახლოვდება. ამ შემთხვევაში

$$\omega_1(x) = \frac{x^2 - \ln x - 2}{2x - \frac{1}{x}}$$

ხოლო $x_0 = 1$. ჩასმები (4)-ში გვაძლევს პირველ ცხრილს.

ცხრილი 1

α ფესვის მიახლოებით მნიშვნელობათა ცხრილი

x_n	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
$x_0 = 1$	-1	-0,43	-0,62	-0,38
$x_1 = 1,58$	0,0154429	0,0155368	0,0155377	0,0156544
$x_2 = 1,5644623$				

ცხრილიდან ჩანს, რომ მეორე იტერაციის შედეგად $\alpha = 1,5644623$. ამ შედეგში ყველა ნიშანი სწორია.

§ 2. მაღალი რიგის იტერაციები სისტემისათვის

განვიხილოთ m დამოუკიდებელი (საზოგადოდ კომპლექსური) ცვალებადის m ფუნქცია F_1, F_2, \dots, F_m . ვთქვათ, ამ ფუნქციათა იაკობის დეტერმინანტი

$$J = \frac{D(F_1, F_2, \dots, F_m)}{D(w_1, w_2, \dots, w_m)}$$

არ ისპობა $M(w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*)$ წერტილის რომელიმე (საკმარისად მცირე) ნ-მიდამოში. აქ $w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*$ არის

$$F_k(w_1, w_2, \dots, w_m) = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

m თავსებად განტოლებათა სისტემის ამონახსნთა სისტემა. ავიღოთ ამ მიდამოში $M_0(w_{1,0}, w_{2,0}, \dots, w_{m,0})$ წერტილი, საკმარისად მცირე მანძილით დაშორებული M -დან, და გავავრცელოთ წინა პარაგრაფში შესწავლილი იტერაცია m განტოლების შემცველ m უცნობიან სისტემებზე (5). საძიებელი $w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*$ ამონახსნების საწყის მიახლოებად მივიღოთ შესაბამისად $w_{1,0}, w_{2,0}, \dots, w_{m,0}$.

ამგვარად, (5) სისტემის ამოხსნისათვის მივმართავთ იტერაციებს, განსაზღვრულს ტოლობით:

$$\omega_{\nu, n} = \omega_{\nu, n-1} - \frac{1}{6} [\omega_{\nu, 1} + 2(\omega_{\nu, 2} + \omega_{\nu, 3}) + \omega_{\nu, 4}] \quad (\nu = 1, 2, \dots, m), \quad (6)$$

სადაც

$$\omega_{\nu, 1} = \sum_{p=1}^m F_p \frac{J_{p, \nu}(\omega_{1, n-1}, \omega_{2, n-1}, \dots, \omega_{m, n-1})}{J(\omega_{1, n-1}, \omega_{2, n-1}, \dots, \omega_{m, n-1})},$$

$$\omega_{\nu, 2} = \sum_{p=1}^m F_p \frac{J_{p, \nu} \left(\omega_{1, n-1} - \frac{\omega_{1, 1}}{2}, \dots, \omega_{m, n-1} - \frac{\omega_{m, 1}}{2} \right)}{J \left(\omega_{1, n-1} - \frac{\omega_{1, 1}}{2}, \dots, \omega_{m, n-1} - \frac{\omega_{m, 1}}{2} \right)},$$

$$\omega_{\nu, 3} = \sum_{p=1}^m F_p \frac{J_{p, \nu} \left(\omega_{1, n-1} - \frac{\omega_{1, 2}}{2}, \dots, \omega_{m, n-1} - \frac{\omega_{m, 2}}{2} \right)}{J \left(\omega_{1, n-1} - \frac{\omega_{1, 2}}{2}, \dots, \omega_{m, n-1} - \frac{\omega_{m, 2}}{2} \right)},$$

$$\omega_{\nu, 4} = \sum_{p=1}^m F_p \frac{J_{p, \nu}(\omega_{1, n-1} - \omega_{1, 3}, \dots, \omega_{m, n-1} - \omega_{m, 3})}{J(\omega_{1, n-1} - \omega_{1, 3}, \dots, \omega_{m, n-1} - \omega_{m, 3})}.$$

აქ F_p ($p = 1, 2, \dots, m$) აღნიშნავს $F_p(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$ ფუნქციის მნიშვნელობებს, როცა

$$\omega_1 = \omega_{1, n-1}, \omega_2 = \omega_{2, n-1}, \dots, \omega_m = \omega_{m, n-1}.$$

ხოლო $J_{p, \nu}$ არის აღვებრული დამატება J დეტერმინანტის იმ ელემენტისა, რომელიც მოთავსებულია J -ს p ნომრიანი სტრიქონის და ν ნომრიანი სვეტის გადაკვეთაზე.

(6) იტერაციის განმსაზღვრელ φ_{ν} ფუნქციებს აქვთ სახე:

$$\varphi_{\nu}(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \equiv \omega_{\nu} - \frac{1}{6} [\omega_{\nu, 1} + 2(\omega_{\nu, 2} + \omega_{\nu, 3}) + \omega_{\nu, 4}], \quad (7)$$

სადაც

$$\omega_{\nu, 1} = \sum_{p=1}^m F_p(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \frac{J_{p, \nu}(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)}{J(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)},$$

$$\omega_{\nu, 2} = \sum_{p=1}^m F_p(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \frac{J_{p, \nu} \left(\omega_1 - \frac{\omega_{1, 1}}{2}, \dots, \omega_m - \frac{\omega_{m, 1}}{2} \right)}{J \left(\omega_1 - \frac{\omega_{1, 1}}{2}, \dots, \omega_m - \frac{\omega_{m, 1}}{2} \right)},$$

$$\omega_{\nu, 3} = \sum_{p=1}^m F_p(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \frac{J_{p, \nu} \left(\omega_1 - \frac{\omega_{1, 2}}{2}, \dots, \omega_m - \frac{\omega_{m, 2}}{2} \right)}{J \left(\omega_1 - \frac{\omega_{1, 2}}{2}, \dots, \omega_m - \frac{\omega_{m, 2}}{2} \right)},$$

$$a_{\nu, 4} = \sum_{p=1}^m F_p(w_1, w_2, \dots, w_m) \frac{J_{p, \nu}(w_1 - w_{1,3}, \dots, w_m - w_{m,3})}{J(w_1 - w_{1,3}, \dots, w_m - w_{m,3})}$$

ახლა ვუჩვენოთ, რომ, თუ n -მიდამოში F_p ფუნქციებს აქვთ უწყვეტი კერძო წარმოებულები ყველა w_ν -თი ($\nu = 1, 2, \dots, m$) და J იაკობიანი ნულად არ იქცევა, მაშინ (6) იტერაცია იკრიბება, როცა $M_0(w_{1,0}, w_{2,0}, \dots, w_{m,0})$ და $M(w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*)$ წერტილები საკმარისად მცირე მანძილითაა დაშორებული ერთმანეთისგან. ამისათვის საკმარისია ვუჩვენოთ, რომ თითოეული არჩეული φ_ν ფუნქციის ნებისმიერი კერძო წარმოებული ნულად იქცევა M წერტილში.

ამრიგად, უნდა გამოვითვალოთ $\frac{\partial \varphi_\nu}{\partial w_k}$ ($k = 1, 2, \dots, m$) წარმოებულე-ბი. მათი გამოთვლა დაიყვანება $a_{\nu, q}$ ($q = 1, 2, 3, 4$; $\nu = 1, 2, \dots, m$) წარ-მოებულების გამოთვლაზე. F_p ფუნქქციათა M წერტილში მოსპობის გამო ყო-ველი ν და q -სათვის გვექნება

$$a_{\nu, q}(w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*) = 0.$$

გარდა ამისა, მარტივი გამოთვლით მივიღებთ, რომ M წერტილში

$$\frac{\partial a_{\nu, q}}{\partial w_k} = \frac{1}{J} \sum_{p=1}^m \frac{\partial F_p}{\partial w_k} J_{p, \nu} = \begin{cases} 0, & k \neq \nu, \\ 1, & k = \nu. \end{cases}$$

ახლა, თუ (7)-ს ორივე მხარეს გავაწარმოებთ w_k -თი, დავრწმუნდებით, რომ ნებისმიერი ν -სათვის და k -სათვის

$$\frac{\partial \varphi_\nu}{\partial w_k} = 0.$$

მე-(6) ფორმულების გამოყენების მიზნით ვიპოვოთ x და y რიცხვები, რომელნიც დააკმაყოფილებენ

$$F_1(x, y) \equiv x - \cos y - 1,41615 - i = 0,$$

$$F_2(x, y) \equiv y - \sin x - 0,70153 + 0,63496 i = 0$$

განტოლებებს.

გამოთვლა გვიჩვენებს, რომ

$$J(x, y) = \begin{vmatrix} 1 & \sin y \\ -\cos x & 1 \end{vmatrix} = 1 + \cos x \sin y.$$

ამრიგად,

$$J_{11} = 1, J_{12} = \cos x, J_{21} = -\sin y, J_{22} = 1.$$

გამოსავალ მიახლოებებად მივიღოთ

$$x_0 = 0,9 + 0,9 i, \quad y_0 = 1,9$$

და გამოვითვალოთ w -ს მნიშვნელობანი. გვექნება:

$$w_{1,1} = -0,1041 - 0,0956 i,$$

$$w_{1,2} = -0,1001 - 0,1002 i,$$

$$w_{1,3} = -0,1000 - 0,0999 i,$$

$$w_{1,4} = -0,0957 - 0,1042 i,$$

$$a_{2,1} = -0,0938 - 0,0046i,$$

$$a_{2,2} = -0,0997 + 0,0001i,$$

$$a_{2,3} = -0,1000 - 0,0001i,$$

$$a_{2,4} = -0,1069 + 0,0046i.$$

ამის მიხედვით, საძიებელი ფესვების მიახლოებითი მნიშვნელობები ტოლია

$$x^* = 1 + 1,0000i, \quad y^* = 2,0000.$$

ა-ს მნიშვნელობანი გამოთვლილია ერთი ზედმეტი ნიშნით, იმ ცთომილების დაგროვების თავიდან ასაცილებლად, რომელსაც იწვევს ნიშნადი ციფრების უკუგდება. ფესვების ზუსტი მნიშვნელობანი ტოლია:

$$x^* = 1 + i, \quad y^* = 2.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ა. რაზმაძის სახელობის
 თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 18.9.1958)

ღრმაკაღოზის თეორია

3. კუზრაძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

ღრმაკაღოზის თეორიის სასაზღვრო ამოცანების უმსახებ
შუნოზრივ არამრთვვაროვანი ტანებისათვის

არსებობის თეორემის აღმტკიცება

1. თუ B_i და B_a არეების პუასონის კოეფიციენტები ურთიერთის ტოლია, ე. ი.

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_i + \mu_i} = \frac{\lambda_a}{\lambda_a + \mu_a};$$

ანუ

$$\lambda_i \mu_a - \lambda_a \mu_i = 0, \quad (1)$$

მაშინ (I.20), (I.25) განტოლებები, რომლებიც [1]⁽¹⁾ სტატიაშია მიღებული, გამარტივდებიან და მიიღებენ შემდეგ სახეს:

$$\begin{aligned} \mu(P) u_k(P) &= \frac{1}{4\pi} \omega^2 (\mu_a - \mu_i) \iiint_{B_i} u(Q) \Gamma^k(P, Q) d\tau_Q + \\ &+ \frac{1}{4\pi} \mu_a \iint_S u_i T^* \Gamma^k(P, Q) ds_Q + \mu_a E_k(P; P_0), \quad k = 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\mu_i, \quad P \in B_i,$$

$$\mu(P) = \frac{1}{2} (\mu_i + \mu_a), \quad P \in S \quad (3)$$

$$\mu_a, \quad P \in B_a;$$

(1)-ის საფუძველზე

$$T^* = T^a - T^i = (\mu_a - \mu_i) \left\{ 2 \frac{\partial}{\partial n} + \bar{n} \frac{\lambda_a}{\mu_a} \operatorname{div} + [\bar{n} \operatorname{rot}] \right\} = \left(1 - \frac{\mu_i}{\mu_a} \right) T^a;$$

ამიტომ (2) კიდევ შემდეგნაირად ჩაიწერება:

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

(¹) ქვევით [1] სტატიის ფორმულების ციტირების დროს ფორმულის ნომრის წინ აღნიშნული იქნება რომელი I; მაგალითად, (I.20), რაც ნიშნავს [1] სტატიის (20) ფორმულას.



აქ $\Gamma(P, Q)$ არის მატრიცა

$$\Gamma(P, Q) = \begin{pmatrix} \Gamma_1^1 & \Gamma_1^2 & \Gamma_1^3 \\ \Gamma_2^1 & \Gamma_2^2 & \Gamma_2^3 \\ \Gamma_3^1 & \Gamma_3^2 & \Gamma_3^3 \end{pmatrix}$$

და ვექტორის ნამრავლი მატრიცზე და პირიქით განმარტება ჩვეულებრივ, როგორც „ცალსტრიქონიანი“ მატრიცის ნამრავლი მატრიცზე და მატრიცის ნამრავლი „ცალსვეტიანი“ მატრიცზე.

ვაჩვენოთ, რომ, თუ (4) აქვს ამოხსნა, იგი დააკმაყოფილებს I ამოცანის ყველა პირობას; იყოს $P \in B_i$; შევასრულოთ $\Delta_a^* + \omega^2$ ოპერაცია (4)-ის ორთავე მხარეზე; მაშინ პოტენციალების ცნობილი [2] თვისებების გამო, აგრეთვე იმის გამო, რომ

$$(\Delta_a^* + \omega^2) E = 0,$$

გვექნება

$$\mu_i (\Delta_a^* + \omega^2) u = -\omega^2 (\mu_a - \mu_i) u,$$

საიდანაც, (1)-ის საფუძველზე

$$(\Delta_a^* + \omega^2) u = 0; \tag{5}$$

ეს კი I ამოცანის პირველი პირობაა.

იყოს ახლა $P \in B_a$; ვახდენთ იმავე ოპერაციას (4)-ის ორთავე მხარეზე; მაშინ

$$(\Delta_a^* + \omega^2) u = 0, \tag{6}$$

რაც I ამოცანის მეორე პირობას ემთხვევა.

განვიხილოთ სხვაობა

$$\mu_i u_i - \mu_a u_a.$$

მოცულობითი და ორმაგი ფენის პოტენციალების ცნობილი თვისებებიდან გამომდინარეობს

ე. ი.

$$\mu_i u_i - \mu_a u_a = -(\mu_a - \mu_i) u_i,$$

$$u_i = u_a.$$

(7)

განვიხილოთ სხვაობა

$$\mu_i (T^a u)_i - \mu_a (T^a u)_a.$$

მარტივი და ორმაგი ფენის პოტენციალების T^a -ოპერაციის ცნობილი თვისებებიდან [2] გამომდინარეობს, რომ ეს სხვაობა ნულის ტოლია; მაგრამ (1)-ის მიხედვით

$$\mu_i (T^a u)_i = \mu_i \mu_a \left\{ 2 \left(\frac{\partial u}{\partial n} \right)_i + \frac{\lambda_i}{\mu_i} \bar{n} (\operatorname{div} u)_i + [\bar{n} \operatorname{rot} u]_i \right\} = \mu_a (T^a u)_i \tag{*}$$

და, თუ განვიხილავთ სხვაობაში $\mu_i (T^a u)_i$ -ს $\mu_a (T^a u)_i$ -ითი შევცვლით, მივიღებთ

$$(T^a u)_i = (T^a u)_a; \tag{8}$$

(7) და (8) I ამოცანის მესამე პირობას გამოხატავენ.

დანარჩენი ორი პირობა (მეოთხე და მეხუთე) აგრეთვე შესრულდება, როგორც ეს უშუალოდ ჩანს (4)-დან $\Gamma(P, Q)$ მატრიცის ცნობილი თვისებების გამო.

აქედან გამომდინარეობს ერთადერთობის შემდეგი თეორემა. მე-(4) განტოლების შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას მხოლოდ ნულოვანი ამოხსნა აქვს.

2. დავამტკიცოთ მე-(4) განტოლების ამოხსნის არსებობა. იყოს

$$\Phi(P) = \frac{\mu_a}{\mu_i} E + \frac{1}{4\pi} \left(\frac{\mu_a}{\mu_i} - 1 \right) \iint_S u_i(Q) T^* \Gamma ds_Q; \quad (9)$$

მე-(4) განტოლება $P \in B_i$ -სათვის მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$u(P) + \lambda_1 \omega^2 \iiint_{B_i} u(Q) \Gamma(P, Q) d\tau_Q = \Phi(P), \quad (10)$$

სადაც

$$\lambda_1 = \frac{1}{4\pi} \left(1 - \frac{\mu_a}{\mu_i} \right).$$

დავუშვათ ჯერ, რომ I ამოცანას, როცა შესრულებულია (1), აქვს ამოხსნა; მაშასადამე, ამოხსნადია განტოლება (4) ანუ (10); თუ ამ უკანასკნელს განვიხილავთ, როგორც ფრედჰოლმის მეორე გვარის განტოლებას, რომლის „მარჯვენა“ („მოცემული“) მხარე არის $\Phi(P)$, მაშინ მისი ამოხსნა წარმოიდგინება ფრედჰოლმის პირველი თეორემის მიხედვით, თუ ნაჩვენები იქნება სათანადო რეზოლვენტის არსებობა; ამისათვის კი საკმარისია ვაჩვენოთ, რომ განტოლებას

$$v(P) + \lambda_1 \omega^2 \iiint_{B_i} v(Q) \Gamma(P, Q) d\tau_Q = 0, \quad (11)$$

აქვს მხოლოდ ნულოვანი ამოხსნა. დავუშვათ წინააღმდეგი და განვაგრძოთ ამოხსნა B_a არეში იმავე (11)-ის საშუალებით; ამრიგად მიღებულ ვექტორს ვუწოდოთ $v(P)$; ადვილად დავრწმუნდებით, რომ იგი აკმაყოფილებს შემდეგ პირობათა სისტემას:

$$\Delta_i^* v + \omega^2 v = 0, \quad P \in B_i,$$

$$\Delta_a^* v + \omega^2 v = 0, \quad P \in B_a,$$

$$v_i = v_a, \quad P \in S,$$

$$\mu_a (T^i u)_i = \mu_i (T^a u)_a, \quad P \in S.$$

ხოლო უსასრულობაში აკმაყოფილებს გამოსხივების პირობებს; აქედან და ერთადერთობის თეორემიდან [1, 2] გამომდინარეობს, რომ

$$v(P) \equiv 0.$$

ფრედჰოლმის პირველი თეორემის მიხედვით გვექნება (10)-დან:

$$u(P) = \Phi(P) - \lambda_1 \iiint_{B_i} \Phi(Q) R(Q, P) d\tau_Q, \quad (12)$$

სადაც $R(P, Q)$ არის რეზოლვენტი გულისა $\omega^2 \Gamma(P, Q)$; ჩავსვათ (12)-ში $\Phi(P)$ -ს მნიშვნელობა (9)-დან და მოვახდინოთ მარტივი გარდაქმნები; მაშინ მივიღებთ

$$u(P) + \lambda_1 \iint_S u(Q) T^a \Gamma(P, Q) ds_Q + \lambda_2 \iint_S u(Q) K(P, Q) ds_Q = F(P), \quad (13)$$

სადაც $P \in B_i$ და

$$\lambda_1 = \frac{1}{4\pi} \left(1 - \frac{\mu_a}{\mu_i} \right), \quad \lambda_2 = -\frac{\omega^2}{16\pi^2} \left(\frac{\mu_a}{\mu_i} - 1 \right)^2,$$

$$K(P, Q) = \iiint_{B_i} T^a \Gamma(Q', Q) R(P, Q') d\tau_{Q'};$$

$$F(P) = \frac{\mu_a}{\mu_i} E + \frac{1}{4\pi} \frac{\mu_a}{\mu_i} \left(\frac{\mu_a}{\mu_i} - 1 \right) \iiint_{B_i} E(Q; P_0) R(P, Q) d\tau_Q.$$

(13)-დან, თუ

$$B_i \ni P \rightarrow Q_0 \in S,$$

მივიღებთ

$$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{\mu_a}{\mu_i} \right) u(Q_0) + \lambda_1 \iint_S u T^a \Gamma ds_Q + \lambda_2 \iint_S u K(Q_0, Q) ds_Q = F(Q_0). \quad (14)$$

განტოლება (14) არის ჩვეულებრივი სინგულარული, რომლისთვისაც ძალაშია ფრედჰოლმის ალტერნატივა [3].

აქამდე ჩვენ ვგულისხმობდით, რომ I ამოცანას, თუ შესრულებულია (1) პირობა, აქვს ამოხსნა; სწორედ ამ წინადაშვებამ მიგვიყვანა (14) განტოლებაზე; ახლა უარყოფით ეს წინადაშვება და გამოვიდეთ თვით (14) განტოლებიდან, რომელშიაც ყველა „მოცემული“ ელემენტი ფაქტიურად არის აგებული.

ეთქვათ, (14)-ის შესაბამ ერთგვაროვან განტოლებას აქვს ნულისაგან განსხვავებული ამოხსნა $u_0(Q_0)$, $Q_0 \in S$; ავავოთ ვექტორი

$$v(P) = -\lambda_1 \iint_S u_0 T^a \Gamma ds_Q - \lambda_2 \iint_S u_0 K(P, Q) ds_Q; \quad P \in B_i$$

აქედან:

$$\begin{aligned} v_i(Q_0) &= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\mu_a}{\mu_i} \right) u_0(Q_0) - \lambda_1 \iint_S u_0 T^a \Gamma(Q_0, Q) ds_Q - \\ &\quad - \lambda_2 \iint_S u_0 K(Q_0, Q) ds_Q = u_0(Q_0); \end{aligned}$$

განვსაზღვროთ B_i არეში ვექტორი $u_0(P)$ შემდეგი ტოლობით:

$$u_0(P) = v(P), \quad P \in B_i,$$

ე. ი.

$$u_0(P) + \lambda_1 \iint_S u_0(Q) T^a \Gamma(P, Q) ds_Q + \lambda_2 \iint_S u_0(Q) K(P, Q) ds_Q = 0; \quad (15)$$

მაგრამ ეს ერთგვაროვანი განტოლებაა, რომელიც (13)-დან მიიღება, როცა $E \equiv 0$; მაშასადამე, იგი მე-(4) განტოლების შესაბამის ერთგვაროვანი განტოლებაა; ამიტომ ერთადერთობის თეორემის მიხედვით

$$u_0(P) \equiv 0,$$

და ამით (14)-ის ამოხსნადობა დამტკიცებულია.

აღნიშნოთ ეს ამოხსნა $u_*(Q_0)$, $Q_0 \in S$ და ავაგოთ ვექტორი:

$$v_*(P) = -\lambda_1 \iint_S u_*(Q) T^a \Gamma(P, Q) ds_Q - \lambda_2 \iint_S u_*(Q) K(P, Q) ds_Q + F(P); \quad (16)$$

ცხადია, როცა P მიისწრაფის Q_0 -საკენ შიგნიდან, მაშინ

$$(v_*(P))_i = u_*(Q_0).$$

განვსაზღვროთ B_r -ში $u_*(P)$ ვექტორი შემდეგი ტოლობით:

$$u_*(P) = v_*(P), \quad (17)$$

ე. ი.

$$u_*(P) + \lambda_1 \iint_S u_*(Q) T^a \Gamma(P, Q) ds_Q + \lambda_2 \iint_S u_*(Q) K(P, Q) ds_Q = F(P);$$

მაგრამ ეს სწორედ (13) განტოლებაა, ანუ, რაც იგივეა, განტოლება (4), ხოლო $u_*(P)$, განზღვრული (16) და (17)-ით, რომელშიაც $u_*(Q_0)$ (14)-დან არის მიღებული, არის მისი ამოხსნა.

ამრიგად, თუ (1) პირობა არის შესრულებული, ამოცანა I გადაწყვეტილია სავსებით. ცნობილია, რომ პუასონის მუდმივები, თითქმის ყველა დრეკადი ტანისათვის, მცირედ განსხვავდებიან ურთიერთისაგან და პირობა (1) არ წარმოადგენს ზოგადობის დიდ შეზღუდვას; ამრიგად, მიღებულ შედეგს აქვს დამოუკიდებელი გამოყენებითი მნიშვნელობა, როგორც I ამოცანის მიახლოებით ამოხსნას, რომელიც, პრაქტიკულად, თითქმის ყოველთვის არის გამოსადეგი, მაგრამ მიღებულ შედეგს პრინციპული მნიშვნელობაც აქვს, რადგან მისი საშუალებით გადაწყდება საკითხი იმ შემთხვევაშიც, როცა პირობა (1) შესრულებული არ არის. შემდეგ პუნქტში განიხილება ეს შემთხვევა.

3. (1.20), (1.25) განტოლებების ამოხსნას ვეძებთ მწკრივის სახით:

$$u(P) = \sum_{s=0}^{\infty} \sigma^s u^{(s)}(P), \quad (18)$$

აქ

$$\sigma = \sigma_a - \sigma_i = \frac{1}{2} \frac{\lambda_i \mu_a - \lambda_a \mu_i}{(\lambda_i + \mu_i)(\lambda_a + \mu_a)}. \quad (19)$$

ჯერ დავუშვათ, რომ (18) თანაბრად კრებალია; უცნობი $u^{(s)}(P)$, $s = 0, 1, 2, \dots$ ვექტორები განვსაზღვროთ განუზღვრელი კოეფიციენტების მეთოდით; (18)-ის (1,20) და (1,25)-ში შეტანის შემდეგ გვექნება

$$\mu(P) u^0(P) = \frac{1}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \omega^2 \iiint_{B_i} u^0 \Gamma d\tau_Q + \frac{1}{4\pi} \mu_a \iint_S u^0 T^* \Gamma ds_Q + \mu_a E, \quad (20_0)$$

$$\begin{aligned} \mu(P) u^{(1)}(P) &= \frac{1}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \omega^2 \iiint_{B_i} u^{(1)} \Gamma d\tau_Q + \\ &+ \frac{1}{4\pi} \mu_a \iint_S u^{(1)} T^* \Gamma ds_Q + F^{(1)}(P_0; P), \end{aligned} \quad (20_1)$$

$$\begin{aligned} \mu(P) u^{(m)}(P) &= \frac{1}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \omega^2 \iiint_{B_i} u^{(m)} \Gamma d\tau_Q + \\ &+ \frac{1}{4\pi} \mu_a \iint_S u^{(m)} T^* \Gamma ds_Q + F^{(m)}(P; P_0), \end{aligned} \quad (20_m)$$

სადაც, თუ $P \in B_i$:

$$\begin{aligned} F^{(m)}(P; P_0) &= -\frac{\alpha_1}{4\pi} \left\{ \omega^2 \iiint_{B_i} u^{(m-1)} \Gamma d\tau_Q + \right. \\ &+ \left. \iint_{B_a} u^{(m-1)} \text{grad} \frac{\partial}{\partial \xi} \frac{1}{r} d\tau_Q + \iint_S u^{(m-1)} T^* \Gamma^{(m)} ds_Q \right\}, \end{aligned} \quad (21)$$

ხოლო, თუ $P \in B_a$:

$$F^{(m)}(P; P_0) = \frac{\alpha_2}{4\pi} \iiint_{B_i} u^{(m-1)} \text{grad} \frac{\partial}{\partial \xi} \frac{e^{i\alpha_1 r}}{r} d\tau_Q, \quad (22)$$

$$\alpha_1 = \frac{2(\lambda_i + \mu_i)(\lambda_a + \mu_a)}{\lambda_i + 2\mu_i}, \quad \alpha_2 = \frac{2(\lambda_i + \mu_i)(\lambda_a + \mu_a)}{\lambda_a + 2\mu_a}, \quad (23)$$

$$\text{grad} \frac{\partial}{\partial \xi} \frac{e^{i\alpha_1 r}}{r} = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2}{\partial \xi_1^2} & \frac{\partial^2}{\partial \xi_1 \partial \xi_2} & \frac{\partial^2}{\partial \xi_1 \partial \xi_3} \\ \frac{\partial^2}{\partial \xi_2 \partial \xi_1} & \frac{\partial^2}{\partial \xi_2^2} & \frac{\partial^2}{\partial \xi_2 \partial \xi_3} \\ \frac{\partial^2}{\partial \xi_3 \partial \xi_1} & \frac{\partial^2}{\partial \xi_3 \partial \xi_2} & \frac{\partial^2}{\partial \xi_3^2} \end{pmatrix} \frac{e^{i\alpha_1 r}}{r}. \quad (24)$$

(21) და (22)-ში $m = 2, 3, \dots$; რაც შეეხება $F^{(1)}(P; P_0)$, რომელიც უმნიშვნელოდ განსხვავდება ზოგადი გამოსახულებიდან, ისიც ადვილი ამოსაწერია.

განტოლებები (20_0) და მომდევნონი, გარეგნულად ურთიერთის მსგავსნი არიან, მაგრამ განსხვავდებიან ურთიერთისაგან იმიტომ, რომ, როგორც ადვილი დასანახია, (20_0) -ში იგულისხმება

$$\lambda_a \mu_i - \lambda_i \mu_a = 0,$$

დანარჩენებში კი ეს არ იგულისხმება.

ყველა ეს განტოლება ერთი სახისაა და წარმოადგენს უმარტივეს სინგულარულ განტოლებას იმ ტიპისას, რომელიც შესწავლილია ჟიროსა [3, 4] და მიხლინის [6] შრომებში (იხ. აგრეთვე კ. მიჩანდა [5], გვ. 89—93); დამტკიცებულია, რომ ამ განტოლებისათვის სამართლიანია ფრედჰოლმის ალტერნატივა და იგი ექვივალენტურად რეგულარიზებალია.

(20_0) განტოლება დაწვრილებით იყო ზევით გამოკვლეული; მისი ამოხსნა განსაზღვრავს (20_1) განტოლების „მარჯვენა“ მხარეს; ამ უკანასკნელის ამოხსნა განსაზღვრავს (20_2) განტოლების „მარჯვენა“ მხარეს და ა. შ.; ამრიგად, ამოხსნის აგების წარმოდგენილი პროცესი განხორციელდება იმ შემთხვევაში, თუ ერთგვაროვან განტოლებას

$$\begin{aligned} \mu(P) v(P) - \frac{1}{4\pi} (\mu_a - \mu_i) \omega^2 \iiint_{B_i} v(Q) \Gamma(P, Q) d\tau_Q - \\ - \frac{1}{4\pi} \mu_a \iint_S v(Q) T^* \Gamma(P, Q) ds_Q = 0, \end{aligned}$$

აქვს მხოლოდ ნულოვანი ამოხსნა. რადგან, როცა $\lambda_i \mu_a - \lambda_a \mu_i = 0$ ეს სწორედ ასეა, არანულოვანი ამოხსნა არ შეიძლება გაჩნდეს $|\lambda_i \mu_a - \lambda_a \mu_i|$ სხვაობის მცირე მნიშვნელობებისათვის (ე. ი. ნულის მახლობლობაში) და, მაშასადამე, ამ პირობებში ყველა განტოლება $(20_1) \dots (20_m) \dots$ ამოხსნალია; ამოხსნათა ჩვეულებრივი შეფასებანი გვაძლევენ (18) მწკრივის თანაბარ კრებადობასაც.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 20.12.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ვ. კუპრაძე. დრეკადობის თეორიის სასაზღვრო ამოცანების შესახებ უბნობრივ არაერთგვაროვანი ტანებისათვის. ძირითადი განტოლებების გამოყვანა. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXII, № 2, 1959.
2. В. Д. Купрадзе. Граничные задачи теории установившихся упругих колебаний. Усп. мат., т. VIII, вып. 3, 1953.
3. G. Giraud. Equations à intégrales principales. Etude suivie d'une application. Ann. Ec. N. Sup. 51, 1934, 251—372.
4. G. Giraud. Equations à intégrales principales d'ordre quelconque. Ann. Ec. N. Sup. 53, 1936, 1—40.
5. К. Миранда. Уравнения с частными производными эллиптического типа. М., 1957, 89-93.
6. С. Г. Михлин. К теории многомерных сингулярных интегральных уравнений. Вестник Ленинградского Университета, № 1, 1956, 3—24.

თ. გომინიჩ-სინაროჟენცვი და ვ. ლომთათიძე

კალაპოტების ანბარიში წყლის დამყარებულ ნელცვლად მოძრაობაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრიევა 6.4.1958)

ბუნებრივ და ხელოვნურ კალაპოტებში (არხებში) დამყარებული ნელცვლადი მოძრაობის სხვადასხვა ამოცანების გადასაწყვეტად საჭიროა გვექონდეს უთანაბრო მოძრაობის დიფერენციალური განტოლების

$$d^2 = (i_0 - i_f) ds \tag{1}$$

ზოგადი ამონახსენი.

განტოლებაში (1) შემავალ ცვლადებს შორის არსებულ რთულ დამოკიდებულებათა გამო, მისი ზუსტი ამონახსენის მიღება ზოგადი შემთხვევისათვის შეუძლებელია. ჩვეულებრივ, მიმართავენ განტოლებაში (1) შემავალი ზოგიერთი ცვლადის გასაშუალებას [1-7], რითაც ლებულობენ მიახლოებით ამონახსენებს.

განტოლებას (1) მარტივი გარდაქმნების შემდეგ შეიძლება მიეცეს შემდეგი სახე:

$$i_0 ds = dh - \frac{ad\beta}{1-\beta^n} + \frac{a_0 d\mu}{1-\mu^\sigma}, \tag{2}$$

სადაც

$$\beta^n = \frac{k^2}{k_0^2}, \quad \mu^\sigma = \frac{k_0^2}{k^2}, \quad a = \frac{dh}{d\beta}, \quad a_0 = \frac{dh_\nu}{d\mu}.$$

$\frac{k}{k_0}$ არის ხარჯის ფარდობითი მოდული; $h_\nu = \frac{\alpha V^2}{2g}$ — სიჩქარითი დაწვევა; V — ნაკადის საშუალო სიჩქარე; α — კინეტიკური ენერჯიის კორექტივი (კორიოლისის კორექტივი); n და σ — კალაპოტის ფორმაზე დამოუკიდებელი მუდმივები.

μ^σ -ის ნაცვლად ფუნქციის $\frac{1}{\beta^n}$ შეტანისა და მცირე გარდაქმნების შემდეგ განტოლება (2) იღებს სახეს

$$i_0 ds = dh - \left(a - \frac{n}{\sigma} a_0 \beta^\nu \right) \frac{d\beta}{1-\beta^n}, \tag{3}$$

სადაც

$$y = z - \left(\frac{n}{\sigma} + 1 \right).$$

თუ ინტეგრირების უბანზე ცვლად სიდიდეებს a და a_0 შევცვლით მათი საშუალო მნიშვნელობებით,

$$a = \bar{a} = \frac{h_2 - h_1}{\beta_2 - \beta_1} = \text{const}, \quad a_0 = \bar{a}_0 = \frac{h_{\nu 2} - h_{\nu 1}}{\mu_2 - \mu_1} = \text{const} \tag{4}$$

და მოვახდენთ (3) განტოლების ინტეგრირებას, მივიღებთ

$$i_0(s_2 - s_1) = h_2 - h_1 - \int_1^2 \left(\bar{a} - \frac{n}{\sigma} \bar{a}_0 \beta^y \right) \frac{d\beta}{1 - \beta^n}. \quad (5)$$

a და a_0 ფუნქციების გამოკვლევისა და მრავალრიცხოვანი შედარებითი ანგარიშების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ განტოლება (5) პრაქტიკულად ზუსტ შედეგებს გვაძლევს n და σ -ს შემდეგი მნიშვნელობების დროს $n = 4$ და $\sigma = 4/3$.

ხარისხის მაჩვენებლების ამ მნიშვნელობისათვის განტოლება (5) დაიწერება შემდეგნაირად:

$$i_0 l = h_2 - h_1 - (\bar{a} - 3 \bar{a}_0) [F(\beta_2) - F(\beta_1)], \quad (6)$$

სადაც

$$l = s_2 - s_1, \quad F(\beta) = \int \frac{d\beta}{1 - \beta^4} = \frac{1}{4} \ln \frac{1 + \beta}{1 - \beta} + \frac{1}{2} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \beta.$$

$F(\beta)$ ფუნქციის რიცხვითი მნიშვნელობები შეიძლება აღებულ იქნეს უთანაბრო მოძრაობის ფუნქციების ცხრილებიდან, კალაპოტის ჰიდრაულიკური მაჩვენებლისათვის $x = 4.0$

განტოლება (6) შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს შემდეგი სახითაც:

$$i_0 l = h_2 - h_1 - (\bar{a} - 3 \bar{a}_0) \left[\frac{1}{4} \ln \frac{1 + \beta_2}{1 - \beta_2} \frac{1 - \beta_1}{1 + \beta_1} + \frac{1}{2} \left(\operatorname{arcsin} \frac{\beta_2}{\sqrt{1 + \beta_2^2}} - \operatorname{arcsin} \frac{\beta_1}{\sqrt{1 + \beta_1^2}} \right) \right]. \quad (7)$$

განტოლების (6) ასეთი ჩაწერა საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ ანგარიშები β -ს ყველა პრაქტიკულად შესაძლებელი მნიშვნელობისათვის, მხოლოდ ლოგარითმული სახაზავის მეშვეობით, რითაც მთლიანად იხსნება სპეციალური ცხრილების გამოყენების საჭიროება.

მიღებული განტოლებები (6) და (7) წარმოადგენს უთანაბრო მოძრაობის ძირითადი დიფერენციალური განტოლების ზოგად ამონახსნებს დადებითი ქანობის მქონე წყალდენებისათვის. არაპრიზმატული კალაპოტების ზოგად შემთხვევებში, არხის ფსკერის განისა $b = f(l)$ და ფერდობების ქანობების $m = \varphi(l)$ ნებისმიერ კანონით ცვლილებისას, აღნიშნული განტოლებები უნდა ამოიხსნას თანდათანობითი მიახლოების ხერხით. ამასთან, უფრო მოსახერხებელია ანგარიშის წარმოება (6) ან (7) განტოლებით ამოხსნილი რომელიმე სიღრმის მიმართ (მაგალითად, h_2 -ის მიმართ). ამ შემთხვევაში გვექნება

$$h_2 = i_0 l + h_1 + (\bar{a} - 3 \bar{a}_0) \left[\frac{1}{4} \ln \frac{1 + \beta_2}{1 - \beta_2} \frac{1 - \beta_1}{1 + \beta_1} + \frac{1}{2} \left(\operatorname{arcsin} \frac{\beta_2}{\sqrt{1 + \beta_2^2}} - \operatorname{arcsin} \frac{\beta_1}{\sqrt{1 + \beta_1^2}} \right) \right]. \quad (7')$$

განტოლების (7') გამოყენებით ამოხსნის მსვლელობა ასეთია: სიგრძის რაიმე მნიშვნელობისათვის $l = l_1$ ცნობილი დამოკიდებულებებით $b = f(l)$ და

$m = \varphi(l)$ ვსაზღვრავთ b_1 და m_1 სიდიდეებს, შემდეგ ამოცანის მიხედვით ვუშვებთ პირველ მიახლოებაში h'_2 -ს ცოტათი ნაკლებს (ან მეტს) h_1 -ზე, ვსაზღვრავთ

$$\beta'_2 = \sqrt{\frac{k'_2}{k_0}}, \quad \mu' = \sqrt{\frac{k_0^3}{k_2'^3}}, \quad \bar{a}' = \frac{h'_2 - h_1}{\beta'_2 - \beta_1}, \quad \bar{a}'_0 = \frac{h'_{v2} - h_{v1}}{\mu'_2 - \mu_1}$$

და განტოლებით (7') სიდიდეს $h_2 = h'_2$ მეორე მიახლოებაში. მიღებული h'_2 მნიშვნელობის მიხედვით ვანგარიშობთ $\beta''_2, \mu'', \bar{a}'', \bar{a}''_0$ და იმავე განტოლებით $h_2 = h''_2$ მესამე მიახლოებაში. მესამე მიახლოება უმეტეს შემთხვევებში დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა. კერძო შემთხვევებისათვის, როდესაც გვაქვს ნებისმიერი სწორი განივკვეთის პრიზმატული კალაპოტები ან მუდმივი სიღრმის მქონე ($h = \text{const}$) არაპრიზმატული კალაპოტები, ანგარიში უნდა ჩატარდეს უშუალოდ (6) ან (7) განტოლებით. განტოლება (7) მუდმივი სიღრმის შემთხვევაში მარტივდება და იღებს შემდეგ სახეს:

$$i_0 l = \frac{3}{2} \bar{a}_0 \left[\frac{1}{2} \ln \frac{1 + \beta_2}{1 - \beta_2} \cdot \frac{1 - \beta_1}{1 + \beta_1} + \arcsin \frac{\beta_2}{\sqrt{1 + \beta_2^2}} - \arcsin \frac{\beta_1}{\sqrt{1 + \beta_1^2}} \right]. \quad (8)$$

ანალოგიურად შეიძლება მიღებულ იქნეს განტოლების (1) ამონახსნები ნულოვანი და უკუქანობების შემთხვევებში. მოგვეყვას მხოლოდ საბოლოო საანგარიშო ფორმულები.

ნულოვანი ქანობისათვის გვექნება

$$i_k l = 3 \bar{a}_{0k} (\beta_{k2} - \beta_{k1}) - \frac{\bar{a}_k}{5} (\beta_{k2}^5 - \beta_{k1}^5), \quad (9)$$

სადაც

$$\beta_k = \sqrt{\frac{k}{k_k}}, \quad \mu = \sqrt{\frac{k_k^3}{k^3}}, \quad k_k = \frac{Q}{V i_k}$$

აქ i_k კრიტიკული ან სხვა ნებისმიერი ქანობია, \bar{a}_k და \bar{a}_{0k} სიდიდეები განისაზღვრება ტოლობის (4) ანალოგიური დამოკიდებულებებით.

ნულოვანი ქანობის შემთხვევაში ანგარიში წარმოებს შერჩევის მეთოდის გამოყენებით (იხ. მაგ. 1-ის ამონხსნა).

უკუქანობის i_* შემთხვევაში გვექნება

$$i_* l = h_1 - h_2 + (\bar{a}^* + 3 \bar{a}_0^*) [F^*(\beta_2^*) - F^*(\beta_1^*)], \quad (10)$$

სადაც

$$F^*(\beta^*) = \int \frac{d\beta^*}{1 + \beta^{*4}}, \quad \beta^* = \sqrt{\frac{k}{k_0^*}}, \quad \mu = \sqrt{\frac{k_0^{*3}}{k^3}}$$

აქ $\frac{k}{k_0^*}$ საანგარიშო ხარჯის მოდულის ფარდობაა იმავე ხარჯის მოდულ-

თან დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით წყლის თანაბარი რეჟიმით მოძრაობის შემთხვევაში; \bar{a}^* და \bar{a}_0^* სიდიდეები განისაზღვრება (4) ანალოგიური დამოკიდებულებებით.

პრაქტიკული პრობლემების უმეტესი ნაწილისათვის საკმაოდ ზუსტ პასუხს ვღებულობთ, თუ დავუშვებთ, რომ $\sigma = n = 2$. ამ შემთხვევაში საანგარიშო ფორმულები მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$i_0 l = h_2 - h_1 - 1,15 (\bar{a} - \bar{a}_0) \lg \frac{1+x_2}{1-x_1} \cdot \frac{1-x_1}{1+x_2}, \quad (11)$$

როცა $i_0 > 0$;

$$i_k l = \bar{a}_{0k} (x_{k_2} - x_{k_1}) - \frac{\bar{a}_k}{3} (x_{k_2}^3 - x_{k_1}^3), \quad (12)$$

როცა $i_0 = 0$;

$$i_{*l} = h_1 - h_2 + (\bar{a}^* + \bar{a}_0^*) (\arctg x_2^* - \arctg x_1^*), \quad (13)$$

როცა $i_* < 0$,

სადაც

$$x = \frac{k}{k_0}, \quad x_k = \frac{k}{k_k}, \quad x^* = \frac{k}{k_0^*}.$$

ძირითადი დიფერენციალური განტოლების (1) ამოხსნა (11—13) სახით მოცემული იყო 1953 წ. თ. ვოინიჩ-სიანოუენცკის მიერ [7]. განტოლებების (11—13) ამოხსნის მსვლელობა პრიზმული კალაპოტების ზოგად შემთხვევებში ისეთივეა, როგორც (7—10) განტოლებებისათვის. ნებისმიერი სწორი ფორმის პრიზმული კალაპოტების ან მუდმივი სიღრმის მქონე არაპრიზმული კალაპოტების შემთხვევებში ანგარიში წარმოებს უშუალოდ (11)—(13) განტოლებებით; ამასთან, მათი სიმარტივე საშუალებას გვაძლევს ყველა ანგარიში გაწარმოოთ ცხრალების გარეშე, მხოლოდ ლოგარითმული სახეხავეთ.

ბოლოს უნდა აღინიშნოს, რომ უთანაბრო მოძრაობის ძირითადი დიფერენციალური განტოლების (1) ზემოთ მოცემული ამოხსნა წარმოადგენს ზოგადს და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც პრიზმული კალაპოტებისათვის, ისევე ყველა სწორი ფორმის არაპრიზმული კალაპოტებისათვის, დინების მიმართულებით წყალდენის ფსკერის განის h და ფერდობების ქანობების m ნებისმიერ კანონებით ცვლილების შემთხვევაშიც კი. გარდა ამისა, განტოლების (1) მიღებული ამონახსნები საშუალებას გვაძლევს მხედველობაში მივიღოთ ცოცხალი ძალის კორექტივის α ცვალებადობა დინების მიმართულებით.

განტოლების (1) ზოგადი ამონახსნის პრაქტიკული გამოყენებისა და ანგარიშის მეთოდის ნათელსაყოფად მოგვყავს დამახასიათებელი მაგალითების ამოხსნა.

მაგალითი 1.⁽¹⁾ სწრაფდენი ქვედა ბიეფის არხს უყრთდება ჰეორიზონტალური ფსკერის მქონე გადასასვლელი უბნით, რომლის სიგრძეა 48 მ და შედგება ორი ნაწილისაგან: ფსკერის ცვალებადი განის მქონე ნაწილისაგან, 32 მ სიგრძით, განის ხაზოვანი ცვალებადობით $b = 2,0$ მ-დან $b = 8,0$ მ-მდე, ფერდობების მუდმივი ქანობით $m = 1,0$ და 16 მ სიგრძის, ფსკერის მუდმივი განის, მაგრამ ცვალებადი ფერდობების ქანობის ($m = 1,0$ -დან $m = 1,5$ -მდე) მქონე ნაწილისაგან. გამყვანი არხის ქანობი $i_0 = 0,00286$; ხარჯი $Q = 32,0$ მ³/სეკ. სიმქისის კოეფიციენტი $n_0 = 0,014$. საჭიროა განი-

(¹ მაგალითი აღებულია მ. ჩერტოუსოვის წიგნიდან «Гидравлика», 1957.



$i_0 = 0,00$

m	b	h_1	h_2	ω	ν	h_ν	k	β	μ	\bar{a}	\bar{a}_0	l
1,0	2,0	1,0	—	3,0	10,66	6,38	156,4	0,2876	42,0	—	—	—
1,0	8,0	—	0,40	3,36	9,52	5,08	124,6	0,2570	59,0	19,60	-0,0765	36,2
1,0	8,0	—	0,395	3,312	9,65	5,22	121,7	0,2538	61,2	17,95	-0,06075	32,9
1,0	8,0	—	0,393	3,296	9,70	5,275	120,8	0,2526	62,1	17,36	-0,0522	30,6
1,0	8,0	0,394	—	3,08	9,67	5,25	121,5	0,2535	61,4	—	—	—
1,5	8,0	—	0,422	3,64	8,79	4,34	138,0	0,2705	50,6	1,646	0,0839	10,9
1,5	8,0	—	0,425	3,67	8,72	4,26	137,2	0,2725	49,6	1,63	0,0836	16,2

ცხრილი 1-6

$i_0 = 0,000286$

m	b	l	h_1	ω	ν	h_ν	k	β	μ	\bar{a}	\bar{a}_0	h_2
1,0	2,0	0,0	1,0	3,0	10,66	6,38	156,4	0,2876	42,0	—	—	—
1,0	8,0	32,0	0,40	3,36	9,52	5,08	124,6	0,2570	59,0	19,6	-0,0766	0,3942
1,0	8,0	32,0	0,3942	3,09	9,66	5,25	121,6	0,2536	61,3	17,77	-0,0582	0,3940
1,0	8,0	32,0	0,394	3,08	9,67	5,25	121,5	0,2535	61,4	—	—	—
1,5	8,0	48,0	0,425	3,67	8,72	4,26	137,2	0,2725	49,6	1,63	0,0836	0,4255

შენიშვნა: ანგარიში ჩატარებულია განტოლების (7') გამოყენებით თანდათანობითი მიახლოების მე-
 თოღით.



საზღვროს სიღრმე გადასასვლელი უბნის ბოლოს, თუ სიღრმე მის დასაწყისში ტოლია $h_1 = 1,0$ მ.

გადასასვლელი უბნის ანგარიშს ვაწარმოებთ განტოლების (9) გამოყენებით თითოეული უბნისათვის ცალ-ცალკე. ანგარიშისათვის საჭირო სიდიდეები და ანგარიშის შედეგები მოცემულია 1-ა ცხრილში¹.

სანიმუშო ანგარიშს ვაწარმოებთ პირველი 32 მ სიგრძის მქონე ნაწილისათვის. k_k სიდიდეს ვსაზღვრავთ ქანობის მნიშვნელობით $i_k = 0,000286$, რომელსაც შეესაბამება $k_k = 1890$ მ²/სეკ.

პირველი მიახლოებით ვუშვებთ, რომ ნაკადის სიღრმე საწყისი კვეთიდან 32 მ მანძილზე ტოლია $h_2 = 0,4$ მ. ამ სიღრმის შესაბამისად გვექნება

$$\bar{a} = \frac{0,4 - 1,0}{0,257 - 0,2876} = 19,6, \quad \bar{a}_0 = \frac{5,08 - 6,38}{59,0 - 42,0} = -0,0765.$$

განტოლებით (9) ვღებულობთ:

$$l = \frac{I}{0,000286} 3 \cdot (-0,0765)(0,2570 - 0,2876) - \frac{1,96}{5} \times (0,257^5 - 0,2876^5) = 36,2 \text{ მ.}$$

რადგან ანგარიშით მიღებული სიგრძე მეტია 32,0 მ-ზე, ამიტომ მეორე მიახლოებისას ვუშვებთ $h_2 = 0,395$ მ, რომლის დროსაც ვიღებთ $l = 32,9$ მ. მესამე მიახლოებისას ვუშვებთ $h_2 = 0,393$ მ და ვღებულობთ $l = 30,6$ მ. მაშასადამე, სიღრმე 32,0 მ მანძილზე ტოლია $h_2 = 0,394$ მ. ანალოგიურად ვღებულობთ ნაკადის სიღრმის მნიშვნელობას მომდევნო ნაწილის ბოლოს (ე. ი. გადასასვლელი უბნის ბოლოს) $h_2 = 0,425$.

ქვემოთაღებული მე-2 ცხრილში მოცემულია სიღრმეების მნიშვნელობები, მიღებული როგორც (9) და (12) განტოლებებით, ასევე ბერნულის განტოლებით. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ბერნულის განტოლებით ანგარიშისას გადასასვლელი უბანი დაყოფილი იყო ექვს დამხმარე უბნად, თითოეული 8 მ სიგრძით [4].

ცხრილი 2

მანძილი საწყისი კვეთიდან	სიღრმეები მ-ით			
	მ-ით	(9) ფორმულით	(12) ფორმულით	ბერნულის გან-ით
32.0		0,394	0,394	0,398
48.0		0,425	0,425	0,429

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ანგარიშის შედეგები (9) და (12) განტოლებით თანხვედნილია, ხოლო განსხვავება ბერნულის განტოლებით მიღებულ სიღრმეებთან არ აღემატება (აღებული მაგალითისათვის) 1,1%-ს.

¹ 1-ნ ცხრილში მოცემულია ანგარიშისათვის საჭირო სიდიდეები და ანგარიშის შედეგები იმ შემთხვევისათვის, როცა განსახილველ უბანს აქვს ქანობი $i_0 = 0,000286$.



h	$\frac{x}{\sqrt{1}} = \beta$	$\frac{\chi^2}{\sqrt{1}} = \pi$	$\frac{g}{2} = \frac{g}{h}$	(7) ფორმ-ით		ჩს თი-ბი (11)	-ათმე რიცხვებზე	ჩს თბილათმე რსიქსებზე - ბიქს	ჩს თბილათმე რსმეტიმედიქს - მთაყრ	ჩს თბილათმე რს - თარქსატიქსე - მთაყრ	ჩს თბილათმე რსმეტიმედიქს - მთაყრ	ჩს თბილათმე რსმეტიმედიქს - მთაყრ
				l	Σl							
4,0	1,310	0,446	0,0245	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3,8	1,248	0,515	0,0282	1575	1575	1575	1573	1571	1556	1573	1536	1569
3,6	1,186	0,600	0,0325	1815	3390	3375	3381	3380	3372	3376	3380	3385
3,4	1,124	0,703	0,0377	2260	5650	5625	5633	5580	5626	5632	5660	5625
3,2	1,062	0,835	0,0442	3340	8990	8945	9026	8807	8920	8939	9080	8985

b	$\frac{x}{\sqrt{1}} = \beta$	$\frac{\chi^2}{\sqrt{1}} = \pi$	$\frac{g}{2} = \frac{g}{h}$	(8) ფორმ-ით		ჩს (2) თბილ	-მედიქს რსიქსებზე	-ათმე რსიქსებზე	ჩს თბილათმე რს - თარქსატიქსე - მთაყრ	ჩს თბილათმე რსმეტიმედიქს - მთაყრ	ჩს თბილათმე რსმეტიმედიქს - მთაყრ	ჩს თბილათმე რსმეტიმედიქს - მთაყრ
				l	ჩს							
1,60	2,187	0,0960	0,478	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,40	2,071	0,1130	0,568	0,665	0,665	0,65	0,67	0,67	0,68	0,71	0,71	0,63
1,20	1,947	0,1355	0,688	0,818	1,483	1,55	1,58	1,58	1,51	1,60	1,60	1,38
1,00	1,820	0,1660	0,849	1,287	2,770	2,782	2,82	2,82	2,83	2,85	2,85	2,53
0,80	1,685	0,2085	1,070	1,760	4,630	4,526	4,62	4,62	4,61	4,55	4,55	4,05
0,60	1,544	0,2720	1,400	2,660	7,190	7,256	7,40	7,40	7,31	7,29	7,29	6,55
0,40	1,390	0,3740	1,920	4,740	11,930	11,906	12,15	12,15	12,15	11,88	11,88	10,65

შენიშვნა: $\chi = \frac{l}{x} = \frac{k_0}{k}$

მაგალითი 2⁽¹⁾. საჭიროა აიგოს თავისუფალი ზედაპირის მრუდი არხში შემდეგი მონაცემებით: $Q = 47,66$ მ³/სეკ, $b = 12,0$ მ, $i_0 = 0,0002$, $m = 1,5$, $\gamma_0 = 1,3$, $l = 8,0$ კმ (არხის სიგრძე), ნორმალური სიღრმე $h_0 = 3,0$ მ, $k_0 = 4371$ მ³/სეკ, $h_n = 4,0$ მ (ნაკადის მაქსიმალური სიღრმე).

ანგარიშისათვის საჭირო სიდიდეები, ანგარიშის შედეგები და შედარება სხვა ავტორთა მონაცემებთან მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ანგარიშს ვაწარმოებთ (7) განტოლებით. \bar{a} და \bar{a}_0 სიდიდეების მნიშვნელობებს მთელი საანგარიშო უბნისათვის ვსაზღვრავთ განაპირა კვეთებით. გვაქვს: $\bar{a} = 3,225$, $\bar{a}_0 = 0,0507$ და (7) ფორმულით $l = 1575$ მ.

მაგალითი 3. საჭიროა აიგოს არხის გეგმა, თუ სიღრმე არხში უნდა იყოს მუდმივი და ტოლი $h = 0,8$ მ-სა. მოცემულია $Q = 5,6$ მ³/სეკ., $b = 1,60$ მ (არხის ფსკერის საწყისი განი), $i_0 = 0,143$, $m = 1,0$, $n_0 = 0,017$, $s = 12,0$ მ (არხის სიგრძე).

ანგარიშს ვაწარმოებთ ფორმულით (8).

ანგარიშისათვის საჭირო სიდიდეები, ანგარიშის შედეგები და შედარება სხვა ავტორთა მონაცემებთან მოყვანილია მე-4 ცხრილში.

ნაგებობათა და ჰიდროენერგეტიკის
თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 21.5.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. И. Леви. О неравномерном движении жидкости в открытых руслах. Вестник ирригации, № 2, 1928.
2. И. И. Вейц. К вопросу об установившемся медленно-изменяющемся неравномерном движении жидкости в правильных непризматических руслах. Известия НИИГ, том XVII, 1935.
3. С. Н. Крицкий. О расчете каналов переменной ширины. Гидротехнический сборник. № 4, ВИСУ. Москва, 1932.
4. М. Д. Чертоусов. Гидравлика, М.—Л., 1957.
5. М. Е. Андрейчиков. О неравномерном движении воды в открытых руслах. Журнал «Гидротехническое стр-во», № 5—6, 1940.
6. Г. А. Джимшели. Обобщенные методы проектирования открытых водотоков при неравномерном движении. 1952.
7. Т. Г. Войнич. Об интегрировании дифференциального уравнения медленно изменяющегося движения воды в открытых водостоках. Журнал Гидротехническое строительство, № 3, 1953.

⁽¹⁾ მაგალითები 2 და 3 აღებულია მ. ჩერტოუსოვის წიგნიდან «Инженерная гидравлика», 1934.

ს. მატინიანი და ო. ჭივიჭილი

 ელემენტარულ ნაწილაკთა გადამუხტვა ნუკლონებზე
 და დეიტონებზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 14.4.1958)

1. ელემენტარულ ნაწილაკთა გადამუხტვა არის მოვლენა, რაც დაკავშირებულია პროცესში მონაწილე ნაწილაკთა ერთი მუხტური მდგომარეობიდან მეორე მუხტურ მდგომარეობაში გადასვლასთან.

შეიძლება განხილულ იქნეს გადამუხტვის ორი სახე: ა) გადამუხტვისას ნაწილაკი რჩება ერთი მულტიპლეტის საზღვრებში. ასეთი პროცესის მაგალითებია π - და K -მეზონების, ანტინუკლონების, Σ -ჰიპერონებისა ($\Sigma^- + p \rightarrow \Sigma^0 + n$) და ა. შ. გადამუხტვა; ბ) გადამუხტვისას ნაწილაკი გადადის სხვა მუხტურ მულტიპლეტში. ასეთი პროცესის მაგალითია:

$$\Sigma^- + p \rightarrow \Lambda^0 + n.$$

მაშინ, როცა ა) პროცესი მუხტური დამოუკიდებლობის ჰიპოთეზის ფარგლებში შეიძლება ჩავთვალოთ როგორც დრეკადი პროცესი (თუ მხედველობაში არ მივიღებთ მასათა და მუხტთა სხვაობას), ბ) პროცესი არსებითად არადრეკადია.

მოცემულ შრომაში განხილულია არანულოვან სპინიან ნაწილაკთა გადამუხტვა ნუკლონებსა და დეიტონებზე. ანალოგიური საკითხი ნულოვანი სპინიანი ნაწილაკებისათვის განხილული იყო შრომაში [1].

ჩვენი განხილვა დამყარებულია გადასვლის მატრიცის ზოგად გამოსახულებაზე, რომელიც მიიღება ინვარიანტობის ზოგადი მოსაზრებებიდან. შესწავლილია გადამუხტვის დროს მიღებულ ელემენტარულ ნაწილაკთა პოლარიზაცია, აგრეთვე დაპოლარებულ ნაწილაკთა გადამუხტვა.

დეტალურად განხილულია Σ^- -ჰიპერონების პროტონებზე გადამუხტვა და გადამუხტვის პროდუქტების $\Sigma^0(\Lambda^0)$ -ნაწილაკთა შემდგომი დაშლა ლუწობის არშენახვის საკითხების განხილვით.

2. დავუშვათ, რომ $M(\vec{x}_1, \vec{x}_2; \vec{p}, \vec{p}')$ არის გადასვლის მატრიცა ორ (1 და 2) ნაწილაკთა სისტემისათვის. \vec{x}_i -ნაწილაკთა სპინები, \vec{p} და \vec{p}' ერთ-ერთი ნაწილაკის საწყისი და საბოლოო იმპულსებია. M განსაზღვრავს „გაბნეული“ ტალღის ამპლიტუდას, სპინისა და იმპულსის რაღაც მნიშვნელობისათვის როგორც დაცემული ტალღის სპინისა და იმპულსის ფუნქციას.

სისტემის მდგომარეობა რეაქციამდე ხელსაყრელია დავახასიათოთ სიმკვრივის მატრიცით ρ ; ორი ნაწილაკის სისტემის გაერთიანებულ სპინურ

სივრცეში. რაიმე ოპერატორის საშუალო მნიშვნელობა საწყის მდგომარეობაში განისაზღვრება ფორმულით

$$\langle O \rangle = Sp(\rho_i O), \quad (1)$$

თუ დავუშვებთ, რომ $Sp(\rho_i) = I$.

M -მატრიცის საშუალებით ყოველი სუფთა მდგომარეობა საწყის მდგომარეობათა ρ_i ნარევიდან შეიძლება დავაკავშიროთ საბოლოო მდგომარეობათა ნარევის ρ_f შესაბამის მდგომარეობებთან:

$$\rho_f = M \rho_i M^+. \quad (2)$$

პროცესის დიფერენციალური კვეთა ტოლი იქნება

$$I = Sp \rho_f = Sp [M \rho_i M^+], \quad (3)$$

ხოლო ნებისმიერი ოპერატორის საშუალო მნიშვნელობა ბოლო მდგომარეობაში

$$\langle O' \rangle = \frac{Sp [M \rho_i M^+ O']}{Sp [M \rho_i M^+]}. \quad (4)$$

3. განვიხილოთ ნუკლონებზე გადამუხტვა.

თუ გადამუხტვის დროს ელემენტარული ნაწილაკის შინაგანი ლუწობა არ იცვლება, მაშინ M უნდა იყოს სკალარი და ისეთი ენერგიებისათვის, როცა როგორც საწყის, ისე საბოლოო მდგომარეობაში მნიშვნელოვანია მხოლოდ s და p ტალღები, გვექნება

(როცა $s_1 = 1/2$, $s_2 = 1/2$):

$$M = A + B(\vec{\sigma}_1 \vec{\sigma}_2) + C(\vec{\sigma}_1 \vec{n}) + D(\vec{\sigma}_2 \vec{n}) + E[(\vec{\sigma}_1 \vec{k})(\vec{\sigma}_2 \vec{k}') + (\vec{\sigma}_1 \vec{k}')(\vec{\sigma}_2 \vec{k})], \quad (5)$$

სადაც A, B, C, D, E სკალარებია და დამოკიდებულია $|\vec{p}|$, $|\vec{p}'|$ და $\vec{p} \cdot \vec{p}' = |\vec{p}| |\vec{p}'| \cos \vartheta$; $\vec{k} = \frac{\vec{p}}{|\vec{p}|}$; $\vec{n} = [\vec{k}, \vec{k}']$.

აქ მხედველობაში მიღებულია ის ფაქტი, რომ (5) უნდა იყოს ინვარიანტული დროის შებრუნების მიმართ.

არადაპოლარებულ ნაწილაკთა ($\rho_i = \frac{I}{4}$) გადამუხტვის დიფერენციალური კვეთი უდრის

$$\bar{I}_p = \frac{I}{4} Sp(MM^+) = K + N \cos \vartheta + L \cos^2 \vartheta, \quad (6)$$

სადაც

$$\begin{aligned} K &= |A|^2 + 3|B|^2 + |C|^2 + |D|^2 + 2|E|^2, \\ N &= 4 \operatorname{Re} B E^+, \\ L &= 2|E|^2 - |C|^2 - |D|^2. \end{aligned} \quad (6')$$

თუ საწყისი ნაკადი დაპოლარებულია ($\rho_i = \frac{I}{4}(I + \vec{P} \vec{\sigma}_1)$, \vec{P} — პოლარიზაციის ვექტორია), მაშინ შესაბამის კვეთას აქვს სახე

$$I_p = \bar{I}_p + 2 \operatorname{Re}(AC^+ + BD^+) \vec{n} \vec{P}. \quad (7)$$

გადამუხტვის შედეგად დაუპოლარებელი ნაკადი შეიძლება დაპოლარდეს. პოლარიზაცია ტოლი იქნება შემდეგი გამოსახულებისა:

$$\langle \vec{\sigma}_1 \rangle_f = \frac{2 \operatorname{Re}(AC^+ + BD^+)}{I_p} \vec{n}. \quad (8)$$

მაშასადამე, თუ $\operatorname{Re}(AC^+ + BD^+)$ არ არის მცირე, მაშინ გადამუხტვის პროცესი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც $\sum^\circ(\Lambda^\circ)$ -ჰიპერონების პოლარიზატორი. სანამ განვიხილავდეთ გადამუხტვას დეიტონებზე, განვიხილოთ $\sum^\circ(\Lambda^\circ)$ -ნაწილაკთა დაშლა გადამუხტვის შემდეგ. ეს დაშლა შეიძლება იყოს გადამუხტვის პროცესის ანალიზატორი.

4. გადასვლის მატრიცას პროცესისათვის $\sum^\circ(\Lambda^\circ) \rightarrow N + \pi$, $\sum^\circ(\Lambda)$ -ნაწილაკის C -სისტემაში აქვს სახე R (ლუწობის არშენახვის მხედველობაში მიღებით):

$$R = g + h \vec{\sigma} \vec{q}, \quad (9)$$

სადაც g და h კომპლექსური რიცხვებია, \vec{q} —ერთეულოვანი ვექტორი ნუკლონის იმპულსის გასწვრივ. ნუკლონების (π -მეზონების) კუთხური განაწილება „გადამუხტვის სიბრტყის“ ნორმალის \vec{n} -ის მიმართ მოიცემა შემდეგი ფორმულით:

$$w(\vec{n}; \vec{q}) = J \left[1 + \frac{2 \operatorname{Re}(g^+ h)}{J} \frac{2 \operatorname{Re}[AC^+ + BD^+]}{I_p} \vec{n} \vec{q} \right], \quad (10)$$

სადაც

$$J = |g|^2 + |h|^2.$$

ფორმულა (10) იძლევა ლი-იანგის [2] კარგად ცნობილ ასიმეტრიას „ზევით-ქვევით“. განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ აქ ჰიპერონების პოლარიზატორად გამოყენებულია გადამუხტვის პროცესი.

ანალოგიურად შრომისა [3], დავუშვათ $g = g_3 + g_1$, $h = h_3 + h_1$, სადაც g_3 და h_3 შეესაბამება π -მეზონ-ნუკლონის სისტემის s და p მდგომარეობას იზოტოპური სპინით $3/2$, ხოლო g_1 და h_1 —იზოტოპური სპინით $T = 1/2$.

თუ ადგილი აქვს ინვარიანტობას დროის ინვერსიის მიმართ, შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ g_i და h_i -ს აქვს სახე $\rho_i e^{i\phi_i}$, სადაც ρ_i ნამდვილი რიცხვებია, ხოლო ϕ_i არის ფაზათა წანაცვლება π -მეზონ-ნუკლონ სისტემის შესაბამისი მდგომარეობისათვის ჰიპერონების დაშლის ენერჯიის მნიშვნელობისათვის. თუ გვაქვს ინვარიანტობა მუხტური შეუღლების მიმართ, ρ_i განსხვავდებიან მამრავლით i g და h -ისათვის. თუ მივიღებთ, რომ $\phi_i \approx 0$ ჰიპერონის დაშლის ენერჯიისათვის, მაშინ მივიღებთ, რომ C -ინვარიანტობის დროს „ზევით-ქვევით“ ასიმეტრია არ იქნება: ცხადია, რომ ასეთი განხილვით არაფერი არ შეგვიძლია ვთქვათ დროის შებრუნების შესახებ (იხ. [4]).

ამისათვის საჭიროა შევისწავლოთ ნუკლონის პოლარიზაცია, რომელიც მოიცემა შემდეგი ფორმულით:

$$J \langle \vec{\sigma} \rangle_N = \frac{1}{2} \operatorname{Sp} [R (I + \langle \vec{\sigma}_1 \rangle_f \vec{\sigma}) R^+ \sigma] = (|g|^2 - |h|^2) \langle \vec{\sigma}_1 \rangle_f + 2 |h|^2 (\langle \vec{\sigma}_1 \rangle_f \cdot \vec{q}) \vec{q} + 2 \operatorname{Re}(g h^+) \vec{q} + 2 \operatorname{Im}(g+h) [\langle \vec{\sigma}_1 \rangle_f \vec{q}]. \quad (11)$$



ცდაზე Im წევრის აღმოჩენა ნიშნავს დროის ინვერსიის არშენახვას ჰიპერობების დაშლისას.

5. სანამ შვეისწავლიდეთ გადამუხტვას დეიტონებზე (მაგალითად, $\sum^- + d \rightarrow 2n + \sum^0$, $\sum^+ + d \rightarrow 2p + \sum^0$ და ა. შ.), აღვნიშნოთ, რომ მე-4 პარაგრაფში განხილული ეფექტების სრული შესწავლისათვის საჭიროა A , B , C , D და E კოეფიციენტების ცოდნა. ისინი შეიძლება ნაპოვნი იქნენ ცდიდან თეორიის ექსპერიმენტების მონაცემებთან შედარებით. მაგრამ ყველა კოეფიციენტის მისაღებად ტოლობათა რიცხვი მოცემული კოეფიციენტებისათვის, რომელიც შეიძლება მოგვეცეს ნუკლონებში გადამუხტვის ექსპერიმენტებმა, არ არის საკმარისი (როგორც ეს ჩანს (6) და (7)-დან). აღნიშნული კოეფიციენტების განსასაზღვრავად დეიტონებზე გადამუხტვის ექსპერიმენტები მოგვცემს დამატებით ცნობებს ნუკლონებზე გადამუხტვის პროცესისათვის და მით გააფართოებს ინფორმაციას აღნიშნული კოეფიციენტების შესახებ. ავაგოთ დეიტონებზე გადამუხტვის პროცესისათვის გადასვლის მატრიცა. გამოვიყენოთ იმპულსური მიახლოება, რომელიც კარგი მიახლოებაა სუსტად ბმული სისტემებისათვის (მაგალითად დეიტონისათვის).

ამ მიახლოების საფუძველზე ნებისმიერი პროცესის ამპლიტუდა დეიტონზე გამოისახება შემდეგნაირად:

$$M_d = J_{12} M_{12} + J_{13} M_{13}, \tag{12}$$

სადაც ინდექსი 1 ეკუთვნის დაცემულ ნაწილაკს, 2 და 3—დეიტონის ნუკლონებს.

$$J_{1\alpha} = \int \Psi_f^*(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3) \Psi_i(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3) \delta(\vec{r}_1 - \vec{r}_2) d\vec{r}_1 d\vec{r}_2 d\vec{r}_3, \tag{10}$$

სადაც Ψ_i და Ψ_f სისტემის საწყისი და საბოლოო ფუნქციაა. გადამუხტვის დროს (როდესაც დაცემული ნაწილაკის მუხტი ფიქსირებულია) პროცესი წავა მხოლოდ ერთ ნუკლონზე, მაგალითად, ნუკლონზე ინდექსით 2.

თუ გადავალთ კოორდინატებიდან $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3$ კოორდინატებზე

$$\vec{\rho} = \vec{r}_2 - \vec{r}_3 \text{ და } \vec{R} = \frac{\vec{r}_2 + \vec{r}_3}{2}$$

და გამოვყოფთ ცხადად სპინურ χ ფუნქციებს, მივიღებთ

$$M_d = \int d\vec{\rho} \Phi_{\vec{g}}^*(\vec{\rho}) \Phi_d(\rho) e^{i\vec{x}\vec{\rho}} (\chi_f^\dagger M_p(I, 2) \chi_i). \tag{14}$$

აქ $\Phi_{\vec{g}}(\vec{\rho})$ არის ბოლო მდგომარეობაში ორი ერთნაირი ნუკლონის ტალღური ფუნქცია ასიმპტოტური იმპულსით \vec{g} , $\Phi_d(\rho)$ —დეიტონის ტალღური ფუნქცია; $\vec{x} = \frac{\vec{p} - \vec{p}'}{2}$. ხელსაყრელია ცალკე გამოიყოს ორი ნუკლონის სიმეტრული

და ანტისიმეტრული სივრცული ტალღური ფუნქციები $\Phi_{\vec{g}}^+(\vec{\rho})$ და $\Phi_{\vec{g}}^-(\vec{\rho})$. ეს მოგვცემს, შესაბამისად, სინგლეთურ და ტრიპლითურ სპინურ მდგომარეობებს. რომელიც შეიძლება გამოიყოს პროექციული ოპერატორებით

$$S = \frac{1}{4} (I - \vec{\sigma}_2 \vec{\sigma}_3) \text{ და } T = \frac{1}{4} [3 + \vec{\sigma}_2 \vec{\sigma}_3].$$

საბოლოოდ ნებისმიერი ელემენტარული ნაწილაკის, სიმკვრივის ნატრიცით $\rho_i(\vec{s}_1)$, დეიტონებზე გადაშტეტვის დიფერენციალური ეფექტური კვეთისათვის, როდესაც გამოსული ნუკლონების ფარდობითი იმპულსი არის \vec{s} , მივიღებთ

$$I_d \equiv \frac{d^2 \sigma}{d\Omega_p d\vec{s}} = \frac{1}{3} \{ |F^-|^2 Sp [TM_p(1,2) \rho_i(\vec{s}_1) TM_p^+(1,2)] + |F^+|^2 Sp [SM_p(1,2) \rho_i(\vec{s}_1) TM_p^+(1,2)] \}, \quad (15)$$

სადაც შპური აიღება სამივე ნაწილაკის სპინური მატრიცების მიმართ, ხოლო

$$F^\pm = \int \Phi_{\vec{s}}^\pm(\vec{\rho}) \Phi_d(\rho) e^{i\vec{x}\vec{\rho}} d\vec{\rho}.$$

თუ ჩავატარებთ გამოთვლას კონკრეტული შემთხვევისათვის, როცა $s_1 = 1/2$, როდესაც დაცემული ნაწილაკები დაუბოლარებელია, მივიღებთ

$$\bar{I}_d = (K' + N' \cos \psi + L' \cos^2 \psi) |F^-|^2 + (K'' + N'' \cos \psi + L'' \cos^2 \psi) |F^+|^2, \quad (16)$$

სადაც

$$K' = |A|^2 + 2|B|^2 + |C|^2 + \frac{2}{3} |D|^2 + \frac{4}{3} |E|^2, \quad (17)$$

$$N' = \frac{8}{3} Re BE^+,$$

$$L' = \frac{4}{3} |E|^2 - |C|^2 - \frac{2}{3} |D|^2;$$

$$K = K' + K'', \quad N = N' + N'', \quad L = L' + L''.$$

(იხ. [6]).

ანალოგიურად დაბოლარებულ ნაწილაკთა გადაშტეტვისათვის მივიღებთ

$$I_d = \bar{I}_d + (2Re AC^+ + \frac{4}{3} Re BD^+) |F^-|^2 \vec{n} \cdot \vec{P} + \frac{2}{3} Re BD^+ |F^+|^2 \vec{n} \cdot \vec{P}, \quad (18)$$

ხოლო პოლარიზაცია, რომელიც მიიღება გადაშტეტვის შემდეგ,

$$\langle \vec{\sigma} \rangle_{\vec{s}} = \frac{(2Re AC^+ + \frac{4}{3} Re BD^+) |F^-|^2 + \frac{2}{3} Re BD^+ |F^+|^2}{\bar{I}_d} \vec{n}. \quad (19)$$

თუ პროცესის დროს იმპულსის გადაცემა მცირეა, მაშინ პაულის პრინციპიდან ცხადია, რომ $|F^-|^2 = 0$ (შეუძლებელია 3S_1 მდგომარეობა ორი ერთნაირი ნუკლონისათვის). ეს გვაძლევს შესაძლებლობას მივიღოთ დამატებითი ტოლობები ნუკლონზე გადაშტეტვის ამპლიტუდისათვის დეიტონებზე გადაშტეტვის ექსპერიმენტებიდან.

$|F^\pm|^2$ -ის ინტეგრირება \vec{g} -ს მიხედვით მოითხოვს Φ_d -ს ცოდნას. თუ დავუშვებთ, რომ ბოლო მდგომარეობაში ნუკლონები არ ურთიერთქმედებენ, სისრულის თეორემის გამოყენება მოგვცემს

$$\int |F^\pm|^2 \frac{d\vec{g}}{(2\pi)^3} = 1 \pm \int e^{i\vec{x}\vec{p}} \Phi_d^3(\rho) d\vec{p}.$$

თუ ავიღებთ დეიტონისათვის ტალღურ ფუნქციას

$$\Phi_d(\rho) = \sqrt{\frac{\alpha}{2\pi}} \frac{e^{-\alpha\rho}}{\rho},$$

ვიპოვიოთ

$$\int |F^\pm|^2 \frac{d\vec{g}}{(2\pi)^3} = 1 \pm F(x),$$

სადაც

$$F(x) = \frac{2\alpha}{x} \operatorname{arctg} \frac{x}{2\alpha}.$$

შეიძლება არ გავაკეთოთ დაშვება, რომ ბოლო მდგომარეობაში ნუკლონები არ ურთიერთქმედებენ და მივიღოთ მხედველობაში ფაზის წანაცვლება η , გამოწვეული ნუკლონების ურთიერთქმედებით. ამ შემთხვევაში ეს ინტეგრალები აგრეთვე ამოიხსნება და მოყვანილია შრომაში [7].

დასასრულ ავტორები მადლობას უხდებიან პროფ. გ. ხუციშვილს სასარგებლო შენიშვნებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ფიზიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 17.4.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. Б. Окунь. Перезарядка k -мезонов в водороде и дейтерии. ЖЭТФ, т. 30, № 1, 1956, 219.
2. T. D. Lee, C. N. Yang. Question on Parity Conservation in Weak Interaction. The Physical Review, vol. 104, № 1, 1956, 254.
3. R. Gatto. Possible Experiments on the Behavior of the Weak Hyperon Decay Interaction under P, C, T; Nuclear Physics, vol. 5, № 1, 1958.
4. С. Г. Матинян. Несохранение четности и распад гиперонов. ЖЭТФ, т. 32, № 5, стр. 1248, 1957.
5. G. F. Chew. The Inelastic Scattering of High Energy Neutrons by Deuterons According to the Impulse Approximation. The Physical Review, vol. 80, № 2, 1950.
6. G. F. Chew, G. C. Wick. The Impulse Approximation. The Physical Review, vol. 85, № 4, 1952.
7. И. Я. Померанчук. Обменные столкновения быстрых нуклонов с дейтонами. ЖЭТФ, т. 22, № 5, 1952, 624.

ქიმიური ტექნოლოგია

ა. ზედზინიძე და თ. იოსელიანი

წიდაპორტლანდცემენტის დასამზადებლად ამიერკავკასიის
მეტალურგიული ქარხნის ნაჟარი ბრძმედული წიღების ვარვისობის
შესწავლის საკითხისათვის¹

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 3.7.1958)

ამიერკავკასიის მეტალურგიული ქარხნის პირველი ბრძმედი 1954 წლის ივნისში ამუშავდა, ხოლო მეორე — 1955 წლის აპრილში. რუსთავის ცემენტის ქარხნის საგრანულაციო დანადგარის ამუშავებამდე (1957 წ. ივლისში) ბრძმედული წიღების ნაწილი ამიერკავკასიის მეტალურგმენის საგრანულაციო აუზზე იგზავნებოდა სველი დამარცვლისათვის (გრანულაციისათვის), ნაწილი კი — წიღის ნაყარში.

ერთი ბრძმედი დღე-ღამეში იძლევა 600—650 ტონა წიდას და, მასასადამე, 1954—57 წლების მანძილზე წიღის ნაყარში დაგროვდა ათასობით ტონა ბრძმედული წიდა. ნაყარში ამჟამად იგზავნება წიდა, მაგრამ გაცილებით ნაკლები რაოდენობით. ქვედა წიდას, როგორც წესი, მისდევს თუჯი; იგი წიდაზე მძიმეა და იძირება ჩამჩაში. ამგვარად, ნაყარში წიდას მირეული აქვს თუჯის საგრძნობი რაოდენობა (10—15%).

უკანასკნელი წლების მანძილზე შავი მეტალურგიის საწარმოებში დიდი მუშაობა გაიშალა ნაყარებიდან ლითონის ამოსაღებად. ნაყარების კომპლექსურად დამუშავების ორგანიზაციისა და ტექნიკური საკითხებისადმი სათანადო ყურადღებით მოპყრობა მისცემს სახალხო მეურნეობას დამატებით მილიონობით ტონა ლითონს და ნაყარ წიდას, რომელიც წარმატებით იხმარება შემავსებლად სხვადასხვა დანიშნულების ბეტონებში, საგზაო მშენებლობაში, საბალახო მასალად და სხვა.

ნაყარი წიღის გამოყენება შეიძლება აგრეთვე მჭიდვ მასალათა წარმოებაში. ქვემოთ მოგვყავს რუსთავის ცემენტის ქარხნის წიდაპორტლანდცემენტში (რომელიც შედგება 50% მარცვლილი წიღისა, 45% კლინკერისა და 5% თაბაშირისაგან) ნაყარი ბრძმედული წიდი (რომლის $M_0=0,79-0,95$ და $M_c=2,39-2,7$) მარცვლილი ბრძმედული წიღის ნაწილობრივი და სრული შეცვლის შედეგები, გამომდინარე ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდებიდან.

აღნიშნული გამოცდების ჩასატარებლად ლაბორატორიაში მოტანილი იყო ნაყარი ბრძმედული წიდი 5 სინჯი, თითოეული წონით 50 კგ. ამ წიღების შაკროსკოპული აწერა და ქიმიური შედგენილობა მოყვანილია 1 და 2 ცხრილებში.

ქვემოთ მოყვანილია ო. ასტრეევას მიერ შესრულებული წიღების პეტროგრაფიული აღწერა.

ნაყარი წიდა № 1 ძლიერ ფოროვანია. შედგება მელილიტის მსხვილი კრისტალებისაგან (სურ. 1) და წვრილმარცვლოვანი რუხი მასისაგან. მელილიტის კრისტალები უფერულია, ზომით 85—250 მიკრონი. შუქტების მაჩვენებ-

¹ მუშაობაში მონაწილეობა მიიღეს ი. სანაძემ და ს. ჯაფარიძემ.

ნიმუშის №	ნაყარი ბრძმედული წილების მაკროსკოპული აღწერა
1	წილის ფერი—მოყვითალო შავი; ნატეხების ზომა—10—20 სმ, ძალიან ფოროვანი, ღრუბლის მსგავსი; ფორები ღია 2—5 მმ ზომის; ნიმუშ. ნატეხ. მაგარია.
1a	ფერი—მონაცისფრო შავი; ფორები მოგრძო, 2—5 მმ ზომისა; ნატეხი მსუბუქი და მაგარი.
2	წილის ფერი—შავი; ნიმუში მსუბუქი, ფოროვანი, მაგრამ მაგარი, ფორების ზომა—2—5 მმ.
3	წილის ფერი—მოყვითალო, მუქი ნაცრისფერი ელფერით; ტეხილი ფენობრივი აქვს; ნატეხები—ფილისებრი ფორმის, ძალიან მკვრივი და მაგარი, ერთი მხრიდან აქვს ნასვრეტოვანი ზედაფენა.
4	ნატეხები მკვრივია, ქვისმაგვარი, მუქი მონაცისფრო, მობრჭყვიალე; ტეხილში მოჩანს წვრილი კრისტალები, ნატეხები მაგარია, მაგრამ მყიფე.

ცხრილი 2

ნიმუშის №	ნაყარი წილების ქიმიური შედგენილობა %%-ით											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	SO ₃	S	Mo	Ma	Mc	K
1	33,41	14,01	1,79	42,50	2,50	3,21	0,50	1,8	0,94	0,41	2,38	1,61
1a	36,20	13,51	3,59	38,47	2,34	4,12	0,32	1,22	0,82	0,20	2,70	1,34
2	34,15	12,81	1,79	42,10	2,56	4,44	0,43	1,6	0,95	0,37	2,65	1,45
3	37,65	14,53	1,06	39,00	2,24	4,00	0,17	1,2	0,79	0,39	2,59	1,34
4	34,70	13,31	0,89	42,31	2,27	4,24	0,20	1,9	0,92	0,38	2,60	1,48

ლები $Ng = 1,676 \pm 0,002$; $Np = 1,666 \pm 0,008$. შუქტების მაჩვენებლების რამდენიმედ გადიდებული მნიშვნელობა აიხსნება მყარ ხსნარში რკინიანი ან მანგანუმიანი ოკერმანიტის არსებობით. მელილიტის კრისტალებში ხშირად აღინიშნება მინის ბოძისებრი შენაზარდები. მელილიტის კრისტალები შეადგენს 65%-ს, წვრილმარცვლოვანი რუხი მასა — 35%-ს.

ნაყარი წილა № 1a ხასიათდება მსხვილი ფორიანობით და შედგება წვრილმარცვლოვანი, სუსტად მაპოლარიზებელი მასისაგან (სურ. 2). წვრილმარცვლოვანი მასა შედგებილია რუხად და შეადგენს 65%-ს. მელილიტის უფრო კრისტალები ხშირად წარმოდგენილია როგორც ჩონჩხი, შუქტების მაჩვენებლების რამდენადმე გადიდებული აქვთ, ზომა — 85—125 მიკრონამდე. მელილიტის კრისტალები შეადგენს 35%-ს.

ნაყარი წილა № 2 ხასიათდება მსხვილი ფორიანობით და შედგება მეტად წვრილმარცვლოვანი მასისა და მელილიტის კრისტალებისაგან. წვრილმარცვლოვან მასას აქვს სუსტი ორმაგი ტეხადობა; შეფერილია მუქ რუხ ფერად და შეადგენს მთელი მასის 60%-ს. მელილიტის კრისტალები უფერულია. წარმოდგენილი არიან ჩონჩხის ფორმით, მათი ზომა 100 მიკრონამდე აღწევს. ისინი შეადგენს 40%-ს.

ნაყარი წილა № 3-ის გამოსაკვლევი ნიმუში შედგება ძლიერ სუსტად მაპოლარიზებელი რუხი მასისაგან, რომლის ფერი გაპირობებულია RO-ფაზის უწვრილესი მარცვლების შემცველობით. RO-ფაზა ვ. ლაპინის მიხედვით შედგება ლითონთა (Fe, Mn, Mg) O ქანგეულებისაგან და მელილიტის მსხვილი კრისტალებისაგან. მელილიტის კრისტალები უფერულია, წარმოდგენილი არიან ჩონჩხის ფორმით (სურ. 3). მათი ზომა 600 მიკრონამდე აღწევს, ისინი

ხასიათდება რამდენადმე გადიდებული შუქტების მაჩვენებლებით და შეადგენენ 30%-ს.

წვილმარცვლოვან მასაში მყიფე RO-ფაზის უწვრილესი მარცვლები ხშირად ქმნიან გროვებს. ასეთ ადგილებში მინა უფერულდება.



სურ. 3

ნაყარ წიდას № 4-ს აქვს საკმარისად მკვირივი სტრუქტურა და შედგება მელილიტის კრისტალებისაგან, წვილკრისტალური მასისა და RO-ფაზის არაგამჭვირვალე კრისტალებისაგან (სურ. 4).

მელილიტის კრისტალები უფერულია, ხასიათებიან რამდენადმე გადიდებული შუქტების მაჩვენებლებით $N_g = 1,670 \pm 0,002$; $N_p = 1,666 \pm 0,003$, მათი ზომა შეადგენს 50—150 მიკრონს, ხოლო რაოდენობა — 50%. წვილკრისტალური მასა შეადგენს 50%, ხასიათდება საკმარისად მნიშვნელოვანი ორმაგტეხადობით და შუქტების მაჩვენებლების მნიშვნელობით უახლოვდება მელილიტს. RO-ფაზა არაგამჭვირვალეა, ხშირად ჩონჩხისებრი ფორმით.

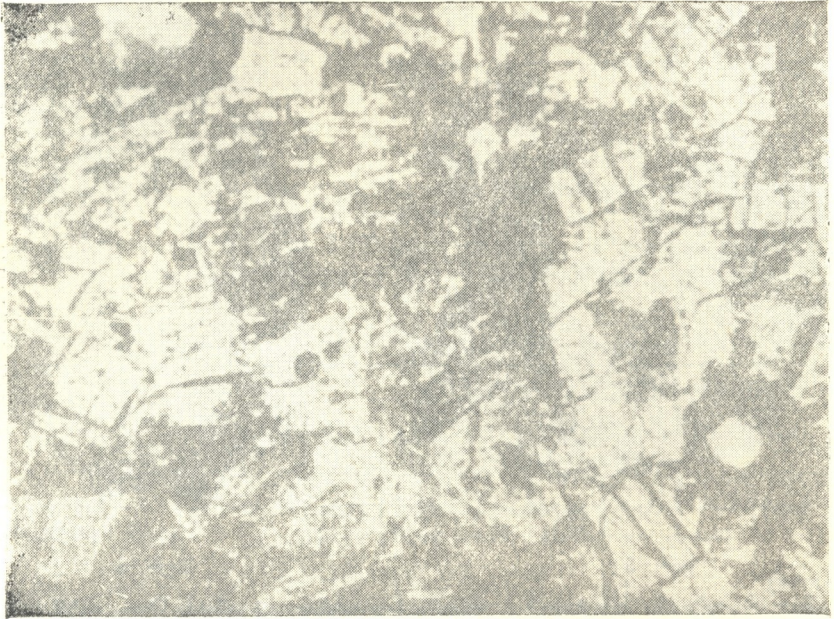
როგორც მოყვანილი მონაცემებიდან ირკვევა, ნაყარი ბრძმედული წიდევის დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს მათი არაერთგვაროვნება როგორც გარეგანი შეხედულებითა და აღნაგობით, ისე მექანიკური თვისებების მიხედვით.

ნაყარი ბრძმედული წიდევის ნაირგვაროვანი სტრუქტურის წარმოქმნა დამოკიდებულია წიდევის ლობილის შედგენილობისაგან, მასში გახსნილი აირის რაოდენობისაგან, ტემპერატურული ფაქტორებისა და კრისტალიზაციის პირობებისაგან.

სხვადასხვა ნამიანობისა და ტემპერატურის პირობებში გაცივებისას წიდა სრულიად განსხვავებულ სტრუქტურულ ფორმებს იღებს. სურათებზე 5—9 ნაჩვენებია ერთისა და იმავე შედგენილობის წიდის ნიმუშები, რომლებიც არათანაბარ პირობებში გაცივდა. ალბათ, როდესაც ძლიერ აირიანი ლობილი ის-



ნმება ნამიან ზედაპირზე, წარმოიქმნება ამობურცული პემზისმაგვარი წილები (ნიმუშები 1, 1ა), რომელთა შედგენილობაში მელილიტის რაოდენობა აღწევს 25—65%-ს, ხოლო კრისტალების ზომა 85—250 მიკრონი.



სურ. 4

გადაზიდვის დროს ჩამჩის კედლებზე ქერქის სახით გაცივებული წილა (ნიმუში 3) წარმოადგენს საკმაოდ მკვრივ მასას, რომელიც შეიცავს RO-ფაზის დიდძალ წვრილ კრისტალებს და ჩონჩხის ფორმის მელილიტის დიდ კრისტალებს (30%). მონოლითური, მაგრამ მყიფე, თითქმის მთლიანად დაკრისტალე-ბული ნატეხები, რომლებიც შედგებიან 50% მელილიტისა და ანალოგიური შუქტების 50% წვრილმარცვლოვანი მასისაგან, უნდა იყვნენ წარმოქმნილი ჩამ-ჩის ფსკერზე, წილის შედარებით ნელი გაცივებისას.

ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ბრძმედული წილის ხუთივე სინჯი უმ-ნიშვნელოდ განირჩევა ერთიმეორისაგან და შეიძლება ისინი მიეკუთვნონ მე-ორე ხარისხის მყავე წილებს MnO-ს რამდენადმე გადიდებული რაოდენობით.

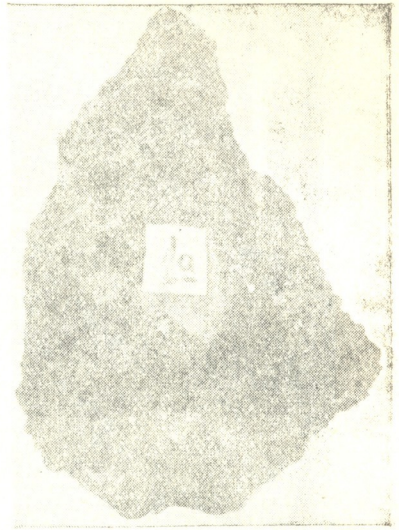
ნაყარი წილების გამოყენების საკითხის გადასაწყვეტად განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მათ მდგრადობას დაშლაზე. წილის ხუთივე სინჯის შემოწ-მებამ სილიკატურ, რკინოვან და მანგანუმიოვან დაშლაზე უჩვენა, რომ ისინი მდგრადი არიან დაშლის ყველა სახეობის მიმართ.

ამიერკავკასიის მეტალურგიული ქარხნის ნაყარი ბრძმედული წილის წილა-პორტლანდცემენტში ჰიდრაულურ კომპონენტად გამოყენების შესაძლებლობის დასადგენად გამოცდილი იყო ნაყარი წილის ხუთივე ნიმუში. ამ ცდებში გამო-ყენებული იყო ცემენტის წისქვილის თევზისებრი მკვებავიდან აღებული კლი-ნკერი და მარცვლილი წილა, რომელთა ქიმიური შედგენილობა მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

ნაყარი წილის სინჯები ჯერ წვრილმანდებოდა ვალციან სამსხვრეველაზე, შემდეგ კი იფქვებოდა VIII ტიპის ბირთვებიან წისქვილში 6%-იან ნარჩენამდე

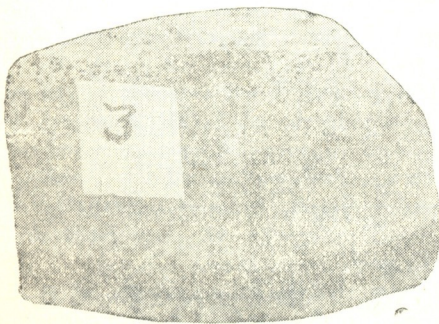


სურ. 5



სურ. 6

0.085 მილიმეტრიანი ხვრელების მქონე საცერზე. დაფქვის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ წისქვილის თანაბარი დატვირთვის პირობებში წილის სხვადასხვა ნი-



სურ. 7



სურ. 8

მუშების დასაფქველად ერთსა და იმავე სიწმინდემდე სხვადასხვა დრო არის საჭირო. აღნიშნულის საილუსტრაციოდ ქვემოთ მოყვანილია წილის ნიმუშე-



ზისა და კლინკერის (შედარებისათვის) თანაბარი სიწმინდით (6%-იანი ნარჩენი C,085 საცერზე) დაფქვისათვის საჭირო დრო.

- ნაყარი წილა 1 — 240 წუთი
- „ 1ა — 240 „
- „ 2 — 270 „
- „ 3 — 225 „
- „ 4 — 180 „

- მარცვლეული წილა — 258 „
- კლინკერი — 208 „

ფქვადობის ასეთი განსხვავება, რა თქმა უნდა, ნაყარი ბრძმეღული წიღების წილაპორტლანდცემენტის წარმოებაში გამოყენებას ხელს არ შეუშლის.

ნაყარ ბრძმეღულ წილაზე მომზადებულ წილაპორტლანდცემენტის მექანიკური მდგრადობის გამოსადეგლად ნიმუშები მზადდებოდა ნარევიდან (50%

ცხრილი 3

კლინკერისა და მარცვლილი წიღის ქიმიური შედგენილობა

მასალების დასახელება	ქიმიური შედგენილობა % -ით							
	Si ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S ₃ O	S
კლინკერი	20,75	7,50	3,42	65,35	1,58	—	1,07	—
დამარცვლილი წილა	36,00	14,50	0,56	41,02	—	4,43	—	2,43

ცხრილი 4

ნაყარ წიღებზე დამზადებულ წილაპორტლანდცემენტის ნიმუშების მექანიკური მდგრადობა

კაზმის №	კაზმის შედგენილობა					მექანიკური მდგრადობა კგ/სმ ²								
	დამარცვლილი წილა	კლინკერი	თაბაშირი	ნაყარი წიღები					ღუნვის დროს			კუმშვის დროს		
				1	1ა	2	3	4	3 დღ.	7 დღ.	28 დღ.	3 დღ.	7 დღ.	28 დღ.
1	—	100	5%	—	—	—	—	—	19,4	21,5	32,0	33,3	48,3	70,0
2	50	50	„	—	—	—	—	—	8,0	15,4	26,0	11,7	30,0	50,0
3	70	30	„	—	—	—	—	—	2,8	10,7	33,0	6,7	22,1	46,0
4	40	50	„	10	—	—	—	—	7,8	17,8	28,0	16,0	38,0	60,0
5	30	50	„	20	—	—	—	—	11,7	16,2	34,0	18,0	26,0	63,0
6	20	50	„	30	—	—	—	—	6,6	10,5	28,0	11,1	18,9	42,0
7	40	50	„	—	10	—	—	—	10,0	16,9	30,0	20,0	28,0	59,0
8	30	50	„	—	20	—	—	—	11,0	14,6	30,0	14,0	20,0	56,0
9	20	50	„	—	30	—	—	—	6,8	8,8	34,0	7,8	17,5	40,0
10	40	50	„	—	—	10	—	—	7,1	14,6	32,0	13,7	24,0	53,3
11	30	50	„	—	—	20	—	—	5,4	15,3	27,0	8,1	20,0	39,0
12	20	50	„	—	—	30	—	—	6,6	8,2	19,2	10,0	16,8	36,0
13	40	50	„	—	—	—	10	—	7,5	14,4	35,2	20,0	25,0	57,0
14	30	50	„	—	—	—	20	—	8,4	15,0	37,0	15,6	23,0	51,0
15	20	50	„	—	—	—	30	—	5,9	9,2	20,0	10,0	18,2	42,0
16	40	50	„	—	—	—	—	10	6,8	16,4	31,0	20,0	21,0	56,0
17	30	50	„	—	—	—	20	—	7,0	14,5	36,0	11,7	20,0	41,0
18	20	50	„	—	—	—	30	—	7,5	8,5	19,0	10,0	17,9	31,0
19	—	50	„	50	—	—	—	—	8,1	11,5	19,9	15,0	20,0	32,0
20	—	50	„	—	50	—	—	—	5,8	8,9	21,5	13,0	22,0	32,0
21	—	50	„	—	—	50	—	—	9,8	11,1	16,2	16,0	21,0	35,0
22	—	50	„	—	—	—	50	—	7,6	12,3	24,6	15,0	25,0	42,0
23	—	50	„	—	—	—	—	50	6,2	5,5	18,1	14,0	20,0	30,0

მარცვლილი წიდა + 50% კლინიკური + 5% თაბაშირი), რომელშიც მარცვლილი წიდის მაგივრად 10—50% ნაყარი წიდა ემატებოდა. მე-4 ცხრილში მოცემულია ნიმუშების კაზმების შედგენილობა და მათი მექანიკური გამოცდის შედეგები¹.

ცხრილებში მოყვანილი მონაცემების ანალიზს იმ დასკვნამდე მივყავართ, რომ მარცვლილი წიდის 10%-ის შეცვლა ნაყარი წიდით დადებითად მოქმედებს ნიმუშების მექანიკურ მდგრადობაზე. მექანიკური მდგრადობა ნაყარი წიდის ხუთივე სინჯის შემცველი კაზმებისათვის უფრო მაღალია, ვიდრე ეტალონური კაზმისა.

წიდაპორტლანდცემენტში ნაყარი ბრძმედული წიდის შემცველობის 20%-მდე გადიდების შედეგად მექანიკური მდგრადობა არ ეცვლება მხოლოდ 1 და 1ა სინჯის ნაყარი წილების შემცველ კაზმებს.

მარცვლილი წიდის 30—50%-ის შეცვლა ნაყარი წიდით იწვევს წიდაპორტლანდცემენტის ყველა ნიშუშის მექანიკური მდგრადობის ხანგრძლივ შემცირებას.

დასკვნა

1. ნაყარი ბრძმედული წიდეები წარმოადგენენ გამოსადეგ ნედლეულს წიდაპორტლანდცემენტში მარცვალი წიდის ნაწილობრივი შეცვლისათვის. 10—15% მარცვლილი წიდის შეცვლა ნაყარი ბრძმედული წიდით რამდენადმე გაზრდის წიდაპორტლანდცემენტის მექანიკურ მდგრადობას და შეამცირებს მის თვითღირებულებას.

2. ნაყარი ბრძმედული წიდეების დაფქვის საკითხი არ შეუშლის ხელს მათ გამოყენებას წიდაპორტლანდცემენტის წარმოებაში, რადგან მათი ფქვადობა და მარცვლილი წიდეების ფქვადობა დაახლოებით ერთნაირ ფარგლებში მერყეობს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გამოყენებითი ქიმიისა და ელექტროქიმიის

ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3.7.1958)

¹ მექანიკური გამოცდა ჩატარებულია მოსკოვის ქიმიურ-ტექნოლოგიური ინსტიტუტის მეთოდით ნორმალური ხსნარის (1:3) ხეშეში კონსისტენციის ნიმუშებზე.

კლიმატოლოგია

შ. ჩხაიძე

 აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის მიღამომავლი
 ატმოსფერული რეჟიმის ზომის ტავისებულობის შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე. ხარაძემ 26.5.1958)

თანამედროვე ასტროფიზიკური ობსერვატორიის მუშაობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ადგილის ატმოსფერული რეჟიმის საერთო თვისებებისა და თავისებურებების ცოდნას. აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის დაარსებას წინ უძღოდა სათანადო შესწავლა-გამოკვლევა [1, 2, 3, 4], რაც უმთავრესად აბასთუმნის მიდამოებში ებიზოდურ, საექსპედიციო დაკვირვებებსა და თვით კურორტ აბასთუმნის მრავალწლიურ მეტეოროლოგიურ და სხვა დაკვირვებებს ეყრდნობოდა. აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის დაარსებისას კი ობსერვატორიის ტერიტორიაზე, აბასთუმნის მახლობლად, მთა ყანობილზე, სოჭობილ იქნა მუდმივმოქმედი მეტეოროლოგიური სადგური. დღესათვის ჩვენ გაგვაჩნია ადგილზე წარმოებული ოცი წლის რეგულარული დაკვირვებები ატმოსფერული რეჟიმის ძირითად ელემენტებზე და ბუნებრივია ამ მასალის საფუძველზე სათანადო ანალიზისა და დასკვნების გაკეთება.

მოკემული ნაშრომის მთავარი მიზანი მთა ყანობილისათვის ძირითადი მეტეოროლოგიურ ელემენტთა მახასიათებლების დადგენაა, რაც ობსერვატორიის მიმდინარე სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის მოთხოვნილებებითაა ნაკარნახევი. ამასთანავე, მიღებული ზოგი მონაცემის შედარებები კურორტ აბასთუმნის შესატყვის მონაცემებთან გარკვეულ ინტერესს უნდა წარმოადგენდეს კურორტოლოგიის თვალსაზრისით, კურორტ აბასთუმნის საკურორტო უბნის ადგილობრივი კლიმატის შესწავლისათვის.

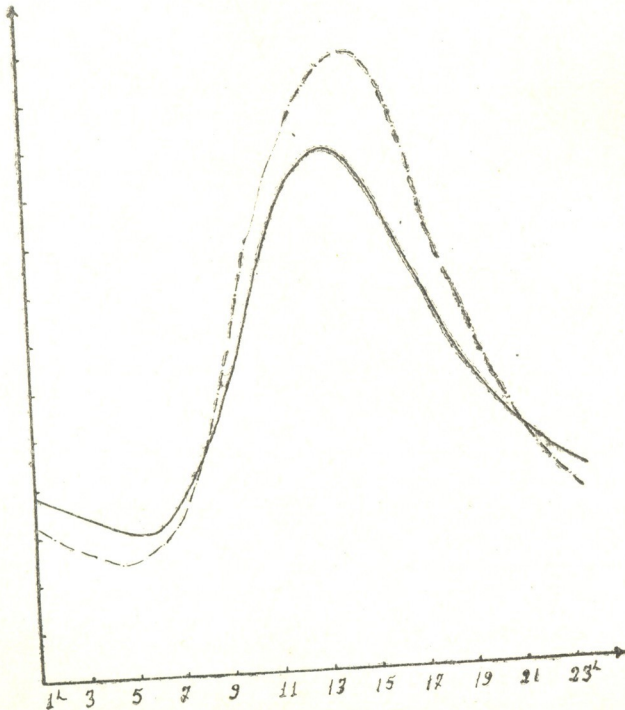
კლიმატურ მახასიათებელთა მრავალრიცხოვან ფაქტობრივ მონაცემებს ჩვენ აქ არ მოვიყვანთ, ვეცდებით აღვნიშნოთ მხოლოდ ამ მონაცემთა ზოგი თავისებურება.

მთა ყანობილზე დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი და მარტი უარყოფითი საშუალო თვიური ტემპერატურით ხასიათდება, დანარჩენი რვა თვე კი — დადებითი ტემპერატურით. ტემპერატურის წლის მინიმუმი იანვარშია, მაქსიმუმი — აგვისტოში. შუალედი იმ დროისა, რომელშიც ამ ოცი წლის მანძილზე (1936—1955) არც ერთი შემთხვევა არაა აღნიშნული უარყოფითი ტემპერატურისა, არის ივნისის II დეკადიდან სექტემბრის II დეკადის ჩათვლით. ჰაერის ტემპერატურის წლიური სვლის განხილვა, თვის საშუალოების მიხედვით, სრულ თანაზომიერებას უჩვენებს, ხოლო დეკადური საშუალოების მიხედვით ტემპერატურის წლიური სვლის განხილვისას ვგვხვდება ზოგი არათანაზომიერება, სახელობრ: ზამთრის მინიმუმის შემდეგ, რომელიც იანვრის მესამე დეკადაზე მოდის (რაც სრულიად ნორმალურად შეიძლება ჩაითვალოს), თითქოს ტემპერატურის თანდათან აწევასთან უნდა გვქონდეს საქმე. მაგრამ თებერვლის მესამე დეკადაში ტემპერატურა 0,6°-ით ეცემა მეორე დეკადასთან შედარებით. აპრილში პირველი და მეორე დეკადის საშუალო ტემპერატურები ტოლია, მამასადამე, საქმე გვაქვს ან პირველ დეკადაში ტემპერატურის ზემდემტ

აწევასთან, ან მეორე დეკადაში ტემპერატურის ზედმეტ დაწევასთან. თანა-
 ზომიერი სვლის მიხედვით პირველი უფრო სარწმუნოა. ასევე სექტემბერშიც,
 მესამე დეკადის საშუალო ტემპერატურა $0,3^{\circ}$ -ით მეტია მეორე დეკადისაზე. თუ
 საერთო სვლის სურათს მივხედავთ, აქ სექტემბრის მეორე დეკადაში ტემპერა-
 ტურის ზედმეტ დაცემასთან უნდა გვქონდეს საქმე.

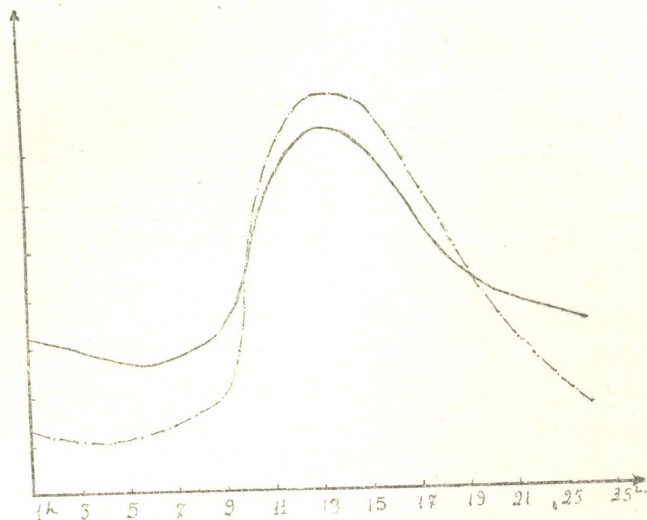
ჰაერის ტემპერატურის დღელამურ სვლაში მთა ყანობილისათვის რაიმე
 განსაკუთრებულობა არაა აღნიშნული. დღე-ღამის მინიმუმი მთელი წლის სა-
 შუალოებში 5—6 საათზე მოდის, მაქსიმუმი კი 13+14 საათზე. ცალკეული
 თვეებისათვის დღე-ღამის მინიმუმის მომენტები კარგად მიჰყვება მზის დასრი-
 ლობის ცვლელადობას (რაზედაც მზის ამოსავლა—ჩასვლის მომენტებია და-
 მოკიდებული). დეკემბერში, როცა მზე ყველა სხვა თვესთან შედარებით
 გვიან ამოდის, მინიმუმს 7 საათისათვის აქვს ადგილი, იანვარ-თებერვალში
 ის 6 საათისათვის ინაცვლებს, ხოლო ზაფხულის თვეებში დღე-ღამის მინიმუმი
 უმრავლეს შემთხვევებში 5 საათისათვის ვვაქვს. რაც შეეხება ჰაერის ტემპე-
 რატურის დღე-ღამის მაქსიმუმს, ის თითქმის ყოველთვის 13—14 საათის შუა-
 ლედებში რჩება.

თუ მთა ყანობილისათვის ჰაერის ტემპერატურის დღელამურ სვლაში რა-
 იმე განსაკუთრებულობას არ აქვს ადგილი, სამაგიეროდ ამ მონაცემების შე-
 დარება კურორტ აბასთუმნის შესატყვის მონაცემებთან საყურადღებო სუ-
 რათს იძლევა (ნახ. 1). ღამით მთა ყანობილზე უფრო თბილა, ვიდრე აბასთუ-



ნახ. 1. ჰაერის ტემპერატურის დღელამური სვლა (საშუალოწლიუ-
 რი): ჩვეულებრივი ხაზი — მთა ყანობილი, პუნქტირი — კურორტი
 აბასთუმანი

მანში, დღისით კი პირუკუ. ეს ეფექტი (ლამით ყანობილზე მეტი სიბზო) განსაკუთრებით ძლიერია წლის ცივ პერიოდში (ნახ. 2). დეკემბერ-იანვარ-თებერვალში ღამით, თითქმის სისტემატურად, მთა ყანობილზე ტემპერატურა 2°-ით უფრო მაღალია, ვიდრე აბასთუმანში. ზოგ შემთხვევაში (მოწმენდილ და წყნარ ღამეებში) ეს სხვაობა 4—5°-მდეც კი აღწევს. ყველაზე უდიდესი განს-



ნახ. 2. ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური სვლა (იანვარი): ჩვეულებრივი ზაზი—მთა ყანობილი, პუნქტირი—კურორტი აბასთუმანი

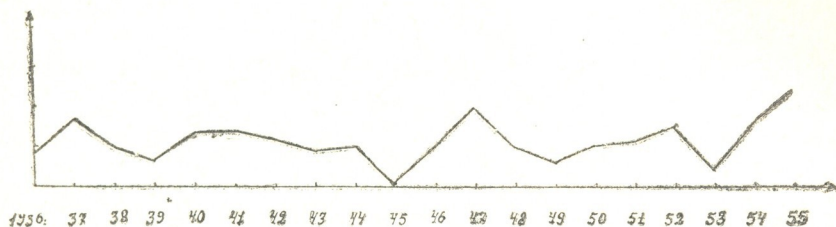
ხვავება ჩვენ მიერ აღნიშნული იყო 1948 წლის 22 დეკემბერს, როცა ღამის მინიმალური ტემპერატურა მთა ყანობილზე 6°-ით მაღალი იყო აბასთუმანთან შედარებით. ღამის ტემპერატურის ეს ინვერსია, ცხადია, ადგილის მიკრორელიეფითაა განპირობებული. მსგავსი ეფექტი აბასთუმნის საკურორტო უბნის სხვა პუნქტებისათვისაც არის აღნიშნული (აღობილი, არაზინდო) საქესპედიციო დაკვირვებებიდან [6].

ჰაერის ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმის მომენტები განხილული პერიოდისათვის წლის განმავლობაში შემდეგნაირად ნაწილდება: 8 შემთხვევა — იანვარში, 7 — თებერვალში, 2 — დეკემბერში, 2 — მარტში და 1 — ნოემბერში. ეს ორი უკანასკნელი შემთხვევა, —ზამთრის აბსოლუტური მინიმუმი მარტსა და ნოემბერში, თითქოს უცნაურია, მაგრამ ფაქტია. ეს რასაკვირველია, გარკვეულ სინოპტიკურ სიტუაციასთან არის დაკავშირებული. აბსოლუტური მაქსიმუმები კი ასეთნაირადაა განაწილებული: 13 შემთხვევა — აგვისტოში, 4 — ივლისში და 3 — სექტემბერში.

სამუალო წლიურ ტემპერატურათა ცვალებადობის სურათს, განხილულს ოცი წლის მანძილზე, მე-3 ნახაზი იძლევა (ამპლიტუდა — 2°,3).

მეტეოროლოგიურ ელემენტთა შორის ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან ფაქტორად, ასტრონომიული თვალსაზრისით, ღრუბლიანობა უნდა ჩაითვალოს. მთა ყანობილისათვის ხსენებული პერიოდის მონაცემების განხილვის შედეგად ჩანს, რომ ღრუბლიანობის მაქსიმუმს აქ თებერვალში აქვს ადგილი, მინიმუმს კი აგვისტო-სექტემბერში. საერთოდ, წლის განმავლობაში მთა ყანო-

ბილი, იანვრიდან მაისის ჩათვლით, ჭარბი ღრუბლიანობით ხასიათდება. ცალკეული ვადების მიხედვით შემდეგი სურათია: როგორც წლის საშუალოებში, ისე ცალკეული თვეებისთვისაც 13 საათის ღრუბლიანობა ჭარბობს ყველა სხვა ვადის ღრუბლიანობას. შედარებით მცირე ღრუბლიანობით ხასიათდება 1 და 19 საათის ვადები, რაც უმრავლესი ასტრონომიული სამუშაოების თვალსაზრისით აუცილებლად კარგ მაჩვენებლად უნდა ჩაითვალოს.



ნახ. 3. საშუალოწლიური ტემპერატურის ცვალებადობა 1935 წლიდან 1955 წლამდე ასტროფიზიკური ობსერვატორიის მიდამოებში

როგორც ცნობილია, ადგილის ღრუბლიანობის კლიმატურ მაჩვენებელს მოწმენდილ და მოღრუბლულ დღეთა რიცხვით ახასიათებენ შემდეგი ანგარიშით: მოწმენდილად ითვლება ისეთი დღე, როცა დაკვირვებათა ოთხი ვადის (1, 7, 13 და 19 საათი) ღრუბლიანობის ჯამი ≤ 7 -ს (ათბალიანი შეფასებით), მოღრუბლულად კი ისეთი დღე, როცა ხსენებული ჯამი ≤ 33 -ს. ასეთი ანგარიშით მთა ყანობილისათვის მოწმენდილ დღეთა რიცხვი საშუალოდ 60 გამოდის წლის განმავლობაში, მოღრუბლულ დღეთა რიცხვი კი 130. უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს მაჩვენებელი პრაქტიკულ-გამოყენებითი თვალსაზრისით არ უნდა იყოს სრულფასოვანი მახასიათებელი და აი რატომ. მზის ნათების ხანგრძლივობის აღრიცხვის შემდეგ გამოდის, რომ მზის ნათების ნამდვილი ხანგრძლივობის შეფარდება შესაძლებელ ნათებასთან 58%-ია, ე. ი. ნახევარზე მეტი პერიოდი მზის მახლობლობაში მოწმენილი ყოფილა. გარდა ამისა, ობსერვატორიის ანგარიშებიდან ჩანს, რომ მზის ქრომოფერული დაკვირვებები (რომელიც რამდენიმე საათის ასტრონომიულად ვარგის მოწმენდილობას მოითხოვს), საშუალოდ წლიურად 200 დღეა. ასტრონომიულად ვარგისი სამუშაო დამეები 100-მდეა. მიუხედავად იმისა, რომ ღამის ასტრონომიული დაკვირვებები გაცილებით მეტ მოთხოვნებს უყენებენ სამუშაო ცას (გარდა სრული მოწმენდილობისა, ატმოსფეროს გამჭვირვალობა კარგი და მდგრადი უნდა იყოს). მოყვანილი ფაქტები გვაფიქრებინებს, რომ ღრუბლიანობის ხსენებული კლიმატური მახასიათებელი ასტრონომიული თვალსაზრისით ძლიერ შემეცირებული უნდა იყოს. შედარებით უკეთესი მაჩვენებელი შეიძლება იყოს ღრუბლიანობის „0—2“ განმეორებათა შემთხვევები. მართლაც, ღრუბლიანობის „0—2“ განმეორებათა შემთხვევების განხილვა შემდეგ სურათს იძლევა: 1 საათისათვის ის 144-ია, 7 საათისათვის — 105, 13 საათისათვის — 70 და 19 საათისათვის — 155. ყველა ვადის საშუალო კი — 108, რაც გაცილებით უკეთ ეთანხმება ასტრონომიულად ვარგის სამუშაო დღეების რიცხვს. ამიტომ ეს მაჩვენებელი მოწმენდილ დღეთა რაოდენობის დასახასიათებლად უფრო სარწმუნო უნდა იყოს.

აბსოლუტური საკურორტო უბანი, ადგილმდებარეობის თავისებურობის გამო, საერთოდ ცნობილია ქარების სიმცირით. მთა ყანობილი ამ მხრივ გამოხატვის არ წარმოადგენს. ქარების საერთო სიმცირის გარდა (მთელ აბს-

თუმნის საკურორტო უბანში) ყურადღების ღირსია ის გარემოებაც, რომ წლის ცივ პერიოდში აქ ქარები ნაკლები სიჩქარით ხასიათდება თბილ პერიოდთან შედარებით, ქარის სიჩქარე კი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორთაგანია ე. წ. ეფექტიური ტემპერატურისა, დაბალი ტემპერატურის დროს ქარი აძლიერებს სიცივის შეგრძნებას, ხოლო მაღალი ტემპერატურის დროს ანელებს სიცივის ეფექტს. ამიტომ ქარების სიჩქარეთა ხსენებული წლიური განაწილება ადგილის კლიმატის შემარბილებელ ფაქტორად უნდა ჩაითვალოს.

აბასთუმნის საკურორტო უბნის სხვადასხვა პუნქტების მზის ნათების რეჟიმის გამოკვლევის მიზნით ჩვენ ზოგი ობიექტისათვის ავგეგმეთ ფაქტობრივი ჰორიზონტი. აღმოჩნდა, რომ ჰორიზონტის დახურულობის გამო მზის ნათების შესაძლებელი ხანგრძლივობის ყველაზე მეტი დანაკარგი (34—33%) „ზეკარის“ და „ვარძიის“ სანატორიუმების მიდამოებს აქვს, 27%-ს ჰკარგავს მეტეოროლოგიური სადგურის უბანი, 19%-ს „არაზინდო“ და 12%-ს „აღობილი“. მთა ყანობილისათვის კი ეს დანაკარგი მხოლოდ 7%-ია. მზის ნათების რეჟიმის ასეთი სხვადასხვაობანი საინტერესო უნდა იყოს კურორტოლოგიის თვალსაზრისით და მას აუცილებლად უნდა მიექცეს ყურადღება კურორტის შემდგომი განვითარების დაგეგმვისას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორია

(რედაქციას მოუყვია 26.5.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Е. К. Харадзе. К характеристике некоторых горных районов Грузии с точки зрения их пригодности для постройки горной обсерватории. Бюллетень астрономического института № 38, Л., 1936, 313—318; 349—360.
2. Е. К. Харадзе и В. Б. Никонов. О результатах экспедиции 1931 года в горные районы Грузии по подысканию места для горной астрономической обсерватории. Бюллетень астрофизического института № 38, Л., 1935, 318—332.
3. Е. К. Харадзе. К характеристике атмосферного режима в Абастумани. Бюллетень Абастуманской обсерватории, № 1, 1937, стр. 111—116.
4. М. О. Кордзая. Микроклиматическое обозрение курорта Абастумани. Труды Государ. центр. научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии. Тбилиси, 1935, 69—95.

გეოლოგია

ს. ჩხეიძემ

ნახშირმჟავა მინერალური წყლების დინამიკის თავისებურების %ობიერითი უმღებები

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა პ. გამყრელიძემ 28.5.1958)

საქართველოს ნახშირმჟავა მინერალური წყლების ბურღვითი ძიებისა და კაპტაჟის მასალები ამჟღავნებენ ზოგჯერ ამ წყლების რეჟიმის ერთ დამახასიათებელ თავისებურებას, რომელიც თავს იჩენს ბურღვის პროცესში ახლო სიღრმეზე მინერალური წყლის გადაკვეთისას. განსაკუთრებით მკაფიოდ იგრძნობა გაზიანი წყლების ეს დამახასიათებელი თვისება ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ძველი მასალების შესწავლისას. ეს თავისებურება შემდეგში მდგომარეობს:

ბურღვის პროცესში, წყალმემცველი ნაპრალების გარკვეულ სიღრმეზე გადაკვეთამდე, წყლის დონე ბურღვლებში არამცთუ ზევით არ იწევს თანდათანობით, როგორც ამას ადგილი აქვს წნევიანი უგაზო წყლების შემთხვევაში, არამედ, პირუკუ, ზოგჯერ დაბლაც კი იწევს და მასთან საგრძნობლადაც გრუნტის წყლის სარკის მიმართ.

აღნიშნულ სიღრმეზე დონის ქცევაში მკვეთრი გადატეხა ხდება, ის სწრაფად იწყებს აღმასვლას.

დონის რეჟიმში გადატეხის დაწყებამდე მინერალურ წყალთან ჩვეულებრივ ამა თუ იმ რაოდენობით შერეულია გრუნტის წყალი.

დასახელებული მოვლენები წარმოადგენენ შედეგს გაზიანი წყლების დინამიკური თავისებურებისას, რომელიც მათი ფიზიკური ბუნებიდან გამომდინარეობს.

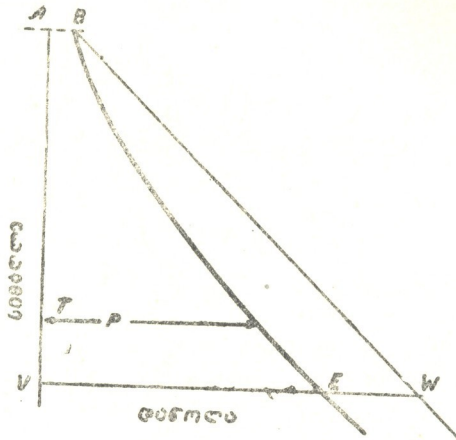
როგორც ცნობილია [1, 2], ნახშირმჟავა მინერალური წყლების განსაკუთრებულ დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს მათი აღმა დინების უკანასკნელ მონაკვეთზე წარმოქმნა გაზისა და წყლის მექანიკური ნარევის, რომლის ხვედრითი წონა ერთზე ნაკლებია. მასთან გაზნარევი წყლის ეს ხვედრითი წონა კრიტიკული სიღრმიდან (გაზის გამოყოფის დაწყებიდან) წყლის ამოსავლამდე თანდათანობით მზარდი შემცირების გზით იცვლება და მინიმალურ სიღრმეს წყაროში აღწევს.

გაზიანი წყლის ამ ძირითადი თვისებიდან გამომდინარეობს ზემოაღნიშნული მოვლენები, რომელნიც თავს იჩენენ ნახშირმჟავა წყლების, კერძოდ, ბორჯომის წყლის ძიებისას.

დასამტკიცებლად გავარჩიოთ წნევის ზრდა სიღრმისაკენ მიწისქვეშა წყლების სადენი გზების გასწვრივ. სიმარტივისა და მოხერხებულობის მიზნით მივმართოთ გრაფიკულ მეთოდს.

წყლიან ნაპრალებში, როცა წყალი სპონტანურ გაზს არ შეიცავს, სტატიკური წნევის ზრდა სიღრმისაკენ, თანახმად ჰიდროსტატიკის ძირითადი კანონისა, ამკარაა, რომ სწორი ხაზის სახეს მიიღებს. გაზიან წყლებში კი წნევის ზრდა უკვე სხვაგვარად იწარმოებს. სწორ ხაზს ის გაჰყვება მხოლოდ კრიტიკული სიღრმის ქვევით, ზევით კი — ამ სიღრმესა და ამოსავალს შუა (დავარ-

ქვეთ ამ ნაწილს „ემულსიის ზონა“) — მას დაახლოებით ლოგარითმული მრუდის სახე ექნება ისე, როგორც ეს კამპედან [1] გადმოღებულ ნახაზზეა ნაჩვენები (სურ. 1).



სურ. 1. სტატიკური წნევა წყლისა (BW) და გაზ-წყლის ნარევისა (BE). AB—ატმოსფეროს წნევა; T—კრიტიკული სიღრმე (კამპეს მიხედვით)

მრუდის ამგვარი ფორმა და მისი მდებარეობა უგაზო წყლის სტატიკური წნევის ხაზის ქვეშ, ბუნებრივია, განისაზღვრება იმ გარემოებით, რომ მრუდის ყოველ წერტილში მხები უნდა ჰქმნიდეს სიღრმეების გამოხატულ ღერძთან კუთხეს, რომლის ტანგენსი ტოლი იქნება (პირველი მიახლოებით) გაზ-წყლის ნარევის სვედრითი წონისა. ამ უკანასკნელის თანდათანობითი კლებადობა ქვევიდან ზევით კი გამოიწვევს წნევის ხაზის სიმრუდის პროგრესულ ზრდას ამავე მიმართულებით.

ბუნებრივ ნახშირბადავ წყლებში სპონტანური გაზისა და წყლის ნარევი ჩვეულებრივ მხოლოდ წყლის მოძრაობის პროცესში ჩნდება. მაშასადამე, წნევის ეს მრუდი გაზნარევი წყლის სტატიკური მდგომარეობისათვის თეორიულ ხასიათს ატარებს. მაგრამ ადვილი ვასაგებია, რომ დინამიკურ პირობებშიაც მოვლენის პრინციპული მხარე არსებითად არ უნდა იცვლებოდეს.

მართლაც, დინამიკური წნევა გაზნარევი წყლის, ისე როგორც ყოველი რეალური სითხისა საერთოდ, აღმავალი წყალშემცველი არხის ყოველ განივკვეთში პრაქტიკულად ორი სიდიდის შეჯამებით უნდა დგებოდეს ძირითადად: 1) გაზნარევი წყლის სვეტის სტატიკური წნევისა და 2) დაწნევის, რომელიც იკარგება ამ კვეთის ზევით მოძრაობის ჰიდრავლიკურ წინაღობებზე.

ამოცანის გამარტივების მიზნით დაფუძვანთ, რომ დაწნევის კარგვა მთელ სიღრმეზე თანაბრად ხდება. უგულებელვყოთ მასთან, როგორც შედარებით უმნიშვნელო სიდიდის, ცვლილებები დაწნევის კარგვაში, გამოწვეული თავისუფალი გაზით. მაშინ წინაღობებზე დაწნევის კარგვის გრაფიკს სქემატურად სწორი ხაზის სახე ექნება.

გაზისა და წყლის ნარევის სტატიკური წნევის ხაზი კი, როგორც დავინახეთ, მრუდეა. ცხადია, რომ დინამიკური წნევის ხაზს, როგორც ჯამურს ამ ორი ხაზისას, აგრეთვე მრუდე ფორმა უნდა ჰქონდეს.



ამკარაა, რომ ამ ხაზის სიმრუდე დამოკიდებული იქნება გაზური კომპონენტის როლზე, რაც თავის მხრივ ძირითადად გაზისა და წყლის დებიტების და სიჩქარეების შეფარდებით განისაზღვრება, როგორც ეს გამოხატულია არმანდის [2] ფორმულაში გაზნარევი წყლის ხვედრითი წონისათვის

$$\left(\gamma = \frac{1}{1 + \frac{Q_g \cdot V_{\phi}}{Q_{\phi} \cdot V_g}} \right)$$

სადაც Q_g და Q_{ϕ} გაზისა და წყლის დებიტებია, ხოლო V_g და V_{ϕ} -- შესაბამისად მათი სიჩქარეები).

წნევის შედარებით მცირე დანაკარგების დროს (გაზის როლთან შედარებით) მრუდი თავისი მოხაზულობით ახლოს უნდა იდგეს ამ გაზნარევი წყლის სტატიკური წნევის თეორიულ მრუდთან და ექცეოდეს უგაზო (სპონტანური გაზის არშემცველი) წყლის სტატიკური წნევის სწორი ხაზის ქვეშ. გაზური კომპონენტის მცირე შემამსუბუქებელი მოქმედების დროს კი, პირუკუ, მრუდი უნდა უახლოვდებოდეს ამავე პირობებში უგაზო წყლის დინამიკური წნევის ხაზს.

ამ დებულების სისწორე ადვილად შეიძლება შემოწმდეს ემპირიულად. საამისოდ საჭირო იქნება დაკვირვებების ჩატარება სიღრმისაკენ წნევის ცვალებადობაზე გადმომდინარე ბურღილებში, რომლებშიაც წნევის დანაკარგი წინალობებზე საერთოდ უმნიშვნელოა და მასთან ადვილად შეიძლება გამოითვალოს ფორმულებით.

შეიძლება მისი შემოწმება ლაბორატორიულ პირობებშიც, როგორც ეს ჩვენ მოვახდინეთ აღმავალი გაზნარევი წყლის ცირკულაციის შექმნით სპეციალურად მოწყობილ პიეზომეტრებიან მილებში.

ზოგად შემთხვევაში ნაპრალებში წინალობებზე წნევის დანაკარგის ხაზს უსწორმასწორო მრუდის სახე ექნება. ეს, ცხადია, გართულებს დინამიკური დაწოლის მრუდის მოხაზულობას, მაგრამ მის საერთო ხასიათს, რა თქმა უნდა, არ შეცვლის.

მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივ გზებზე ჰიდრავლიკური წინალობები ხშირად დიდ სიდიდეს აღწევენ უთუოდ. მაგრამ გაზის შემამსუბუქებელი გავლენა ზოგ შემთხვევაში, მათ შორის ბორჯომში, შეიძლება მაინც აღემატებოდეს წნევის დანაკარგს წინალობებზე ემულსიის ზონაში.

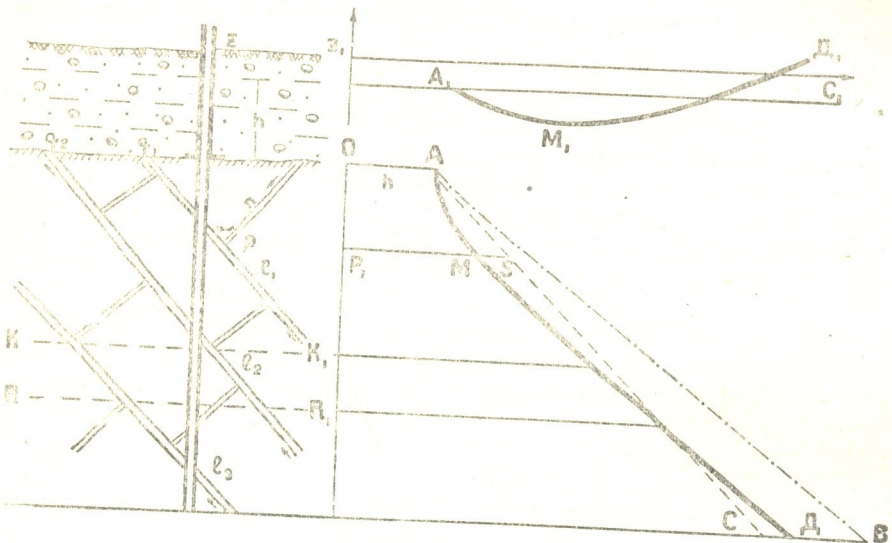
ასეთ შემთხვევებში დინამიკური წნევის მრუდი მიწისქვეშა წყლის არტერიისათვის, თუ რომ წნევის კარგვა წინალობებზე მთელ გზაზე თანაბარია, დაახლოებით ისე განლაგდება, როგორც ეს ჩვენს სქემაზეა ნაჩვენები (სურ. 2. მრუდი AMD).

გაზისა და წყლის ნარევის დინამიკური წნევის მრუდების ანალიზი იმ წყლებისათვის, რომლებშიც გაზური კომპონენტის როლი მაღალია (შეფარდება $\frac{\text{გაზი}}{\text{წყალი}}$ არანაკლებ 0,5), გვიჩვენებს, რომ საერთოდ ამგვარ წყლებში

დინამიკური წნევის ზრდა სიღრმისაკენ, დაახლოებით კრიტიკულ წერტილამდე, მუდამ ნელა უნდა ხდებოდეს, ხშირად უფრო ნელაც კი, ვიდრე უგაზო წყლის სვეტის სტატიკური წნევის ცვლა. ამ სიღრმიდან კი დინამიკური წნევა იწყებს მკვეთრ მატებას, უსწრებს რა ამა თუ იმ ინტენსივობით სტატიკური წნევის ზრდას.

ამგვარად, გაზიანი წყლის საბადოში ემულსიის ზონა წარმოადგენს ამავე დროს შემცირებული წნევის ზონას⁽¹⁾.

სიღრმისაკენ მიწისქვეშა წყლის წნევის ცვალებადობის შესახებ ჩვენ, ბუნებრივია, ვმსჯელობთ სტატიკური დონის მდებარეობის მიხედვით ბურღი-ლებში, როგორც პიეზომეტრებში, რომელნიც წყლის სადენ გზებს სხვადასხვა სიღრმეზე კვეთენ. გაზომვის შედეგებს ამ დროს აბსოლუტურ ან შედარებით სიმაღლეებში გამოვსახავთ, გავუტოლებთ რა წყლის 10 მ სვეტს 1 ატმოსფეროს.



სურ. 2. სქემა. I_1 I_2 და I_3 — ნაპრალები გაზიანი წყლით; q_1 და q_2 — წყლის ამოსავლები; KK_1 — კრიტიკული სიღრმე; AC — წყლის სტატიკური წნევის ზრდა I_1 და სხვა ნაპრალებში უგაზო წყლის შემთხვევაში; AB — დინამიკური წნევის ხაზი იმავე პირობებში; AMD — გაზიანი წყლის დინამიკური წნევის მრუდი; A_1 C_1 — გრუნტის წყლის დონე; A_1 M_1 D_1 — ბურღილ z -ში წყლის დონის ცვალებადობის მრუდი ბურღვის პროცესში; RR_1 — გამტანარების გაგრძელების ზღვრული სიღრმე

თავისთავად ნათელია, რომ სტატიკური წნევის სიმაღლე მიწისქვეშა წყლის ამომყვან არხში განისაზღვრება ამ უკანასკნელის თავისუფალი ბოლოთი და არ არის დამოკიდებული მისი გადაკვეთის სიღრმეზე. რაიღესაც აღმავალი წნევიანი წყალი გრუნტის ნაკადში ვანიტვირთება, როგორც ეს ხდება ხეობებში, კერძოდ ბორჯომში, ცხადია, რომ სტატიკური წნევის სიმაღლეს წყალშემცველი სისტემის (თუ მას უძრავს წარმოვიდგენთ) ყოველი სიღრმისათვის გრუნტის წყლის დონე განსაზღვრავს.

თუ წყალი უგაზოა, მაშინ ბურღილში მკვიდრ ქანებში შეჭრისთანავე წყლის დონე, როგორც ბუნებრივ პირობებში მოძრავი წყლის დინამიკური წნევის გამომხატველი, იმთავითვე გრუნტის წყლის სარკეზე მაღლა აღმოჩნდება და ბურღილის გაღრმავების პროცესში განუზრელად ზევით იწევს. დონის

⁽¹⁾ ამგვარი ზონის არსებობის შესახებ ბორჯომის წყლის საბადოში მივუთითებდით ჯერ კიდევ 1943 წ. ლიკანის საკაპტუო ბურღილის პროექტის შედგენისას, მაგრამ მაშინ მისი ახსნა სხვაგვარად გვესახებოდა.



ცვლის გრაფიკი მიიღებს აღმავალი ხაზის (ზოგად შემთხვევაში ტეხილის) სახეს, რომელიც ჰორიზონტულ ხაზთან — წინაღობებზე დაწნევის კარგვის და მიხედვით — სხვადასხვა კუთხეს შექმნის.

გაზიანი წყლების შემთხვევაში კი სურათი სულ სხვა იქნება. ეს მთელი სიკვდილით გამოძინარეობს მათი დინამიკის ზემოაღნიშნული თავისებურებისა.

ამკარაა, რომ ემულსიის ზონაში დინამიკური წნევის შედარებით ნელი ზრდა გამოიწვევს ბურღვის პროცესში (გარკვეული სიღრმის მიღწევამდე) წყლის სტატიკური დონის ასეთსავე ნელ ცვლას ბურღილში. დონის ცვალებადობის პრუდი დინამიკური წნევის ხაზის შესატყვისად იწყებს მერყეობას ჰორიზონტული ხაზის გარშემო, რომელიც განტვირთვის უბანზე გრუნტის წყლის სარკის სინაღლეს გამოხატავს. გადატეხა კრიტიკული წერტილის მახლობლად მოხდება, — ამის შემდეგ მრუდი დაიწყებს მკვეთრად მაღლა სვლას.

ცხადია, ზემოაღნიშნული მრუდის მოხაზულობა და მისი განლაგება ჰორიზონტული ხაზის მიმართ, რიგი ადგილობრივი პირობების და მიხედვით, როგორცაა გრუნტის წყლით გაზავების ხარისხი, წინაღობებზე დაწნევის კარგვა, ნაპრალების წყალსიუხვე და მათი გადაკვეთის სიღრმე, ბურღილის კონსტრუქცია და სხვა, ყოველი ჭაბურღილისათვის, პატარა უბნის ფარგლებშიაც კი, ინდივიდუალურ ხასიათს მიიღებს.

თუ რომ გაზის შემამსუბუქებელი ეფექტი აღემატება წინაღობებზე (ემულსიის ზონაში) წნევის დანაკარგს, მაშინ ამკარაა, რომ ბურღილში, რომელიც წყლიან ნაპრალებს ბუნებრივი გამოსავლების ქვეშ თანამიმდევრობით სულ უფრო და უფრო ღრმად ვადაკვეთს, წყლის დონე გრუნტის წყლის სარკის მიმართ ჯერ დაბლა დაიწევს, შემდეგ შედარებით მყარი გახდება, ხოლო ბოლოს აღმა იბრუნებს პირს (სურ. 2. მრუდი A₁ M₁ D₁).

ასე უნდა აიხსნებოდეს, ჩვენი აზრით, გაზიანი წყლების საბადოებში ბურღვის პროცესში ჭაბურღილების წყლის სტატიკური დონის ცვალებადობაში შენიშნული ის მოვლენები, რომელნიც დასაწყისში აღვნიშნეთ.

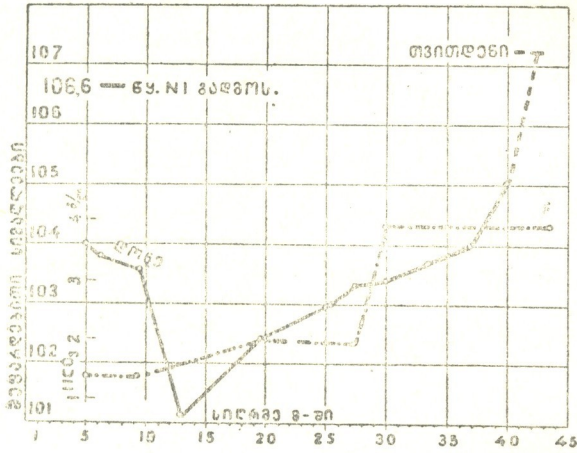
ამგვარი მოვლენის კლასიკურ მაგალითებს იძლევა ბორჯომი. კარგად მკვლავდება ეს მოვლენა ძველი, 1928—1935 წწ. საძიებო-საკაპტაჟო სამუშაოების (რომელნიც ა. ოგინიციკოვა და სხვებმა ა. ოგილის საერთო ხელმძღვანელობით ჩაატარეს) მასალების შესწავლისას.

მტკვრის უბანზე გაყვანილ იმ 7 ბურღილიდან, რომელთა პირველადი დოკუმენტაციის მასალებმა ჩვენამდე მოაღწია, ბურღვის პროცესში წნევის სინაღლის შემცირება პირვანდელთან შედარებით სავსებით ნათლად ჩანს ოთხში (№ № 29, 30, 39 და 41); დანარჩენი 3-დან დონის დაწევა, მხოლოდ სუსტად, კიდევ მკვლავდება ერთში (№ 28), მეორისათვის (№ 35) დაკვირვებები წყლის დონეზე თვითდენის მიღებამდე ნაჩვენებია არ არის, ხოლო მესამე (№ 34) 67 მ მიღწევამდე გრუნტის წყლისაგან, ჩანს, განმხოლოებული არ ყოფილა.

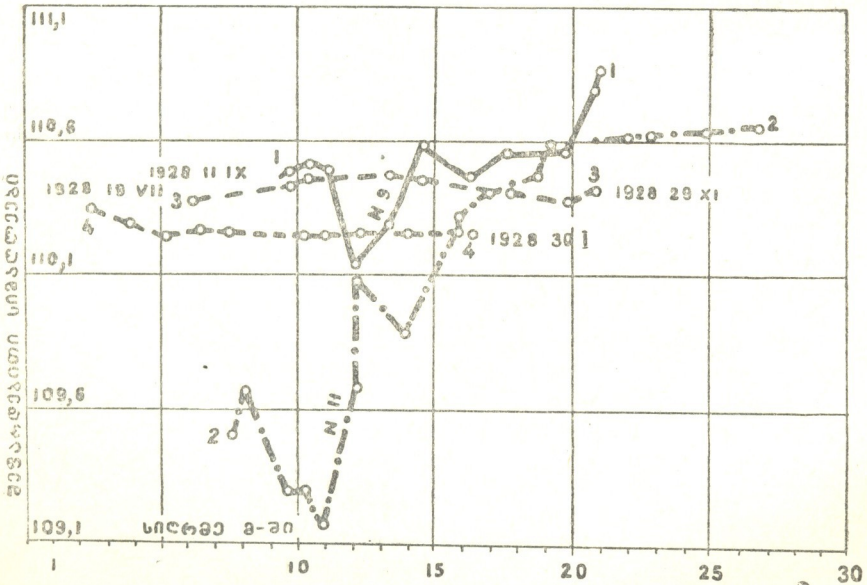
ცენტრალური უბნისათვის (ბორჯომულას ხეობა) მასალები 3 ბურღილის (№ 12, № 13 და № 21) შესახებ მოგვეპოვება. ამათგან ბ. № 21 სურათი გაურკვეველი რჩება; № 13-ში კიდევ, თუ დავეყრდნობით წყლის მინერალიზაციის ცვლას ბურღვისას, მინერალური წყლის პირველი ნაკადი კრიტიკული სიღრმის ქვევით ვადაკვეთდა. რაც შეეხება № 12, მასში ზემოაღნიშნული თავისებურება მთელი სიკვდილით იჩენს თავს (სურ. 3); მაქსიმალური დაწევა, რაც დაახლოებით 3 მეტრით გამოიხატა, 13 მ სიღრმეზე შეინიშნება.

განსაკუთრებით საგულისხმოა ამ მხრივ ჩვენს ხელთ არსებული დოკუმენტაციური მასალები ორი მცირე საძიებო ბურღილის — № 9 და № 11 შესახებ, რომელნიც 1928—1929 წწ. გაუჭრიათ გუჯარეთის წყლის ხეობაში. ისინი უკვე ბურღილში და შურფში წყლის დონეების ერთდროული გაზომვის შე-

დეგებს შეიცავენ. ამ დაკვირვებების მიხედვით ჩვენ მიერ აგებული გრაფიკები (სურ. 4) ნათლად გვიჩვენებენ ბურღილებში მინერალური წყლის დონის საერძობ დაწვეას გრუნტის წყლის დონესთან შედარებით. № 9-ში ის გამოიხატა 0.7 მეტრით, ხოლო № 11-ში — 1,5 მ. ბურღილების სიღრმე ამ დროს 11—12 მ უდრიდა.



სურ. 3. წყლის დონისა და მინერალიზაციის ცვლა ბურღილ № 12 გაყვანის პროცესში (ა. თვინიკოვის მიხედვით)



სურ. 4. 1—1 და 2—2—მინერალური წყლის დონის ცვლებადობა № 9 და № 11 ბურღილების გაყვანისას; 3—3 და 3—4—დაკვირვებები მათ შურფებში წყლის დონეზე იმავე პერიოდში

გაზიანი წყლების დინამიკის ზემოგანხილული თავისებურება ადვილად ღსნის აგრეთვე გრუნტის წყლის შერევას ქვევიდან მომდინარე ნახშირმკვავა მინერალურ წყალთან ამ უკანასკნელის ცირკულაციის ზედა ზონაში.

თუ რომ ნაპრალოური უვაზო მინერალური წყლის წნევა აღემატება განტვირთვის უბანში გრუნტის წყლის ზედაპირს, მაშინ ამ უკანასკნელის შერევა მინერალურთან ძირითადად დიფუზიის ან წატაცების (დიდი სიჩქარის დროს) გზით არის მხოლოდ შესაძლებელი. მაგრამ მოვლენის მასშტაბი პრაქტიკულად ალბათ უმნიშვნელო იქნება; წყაროებში, რომელთა ხარჯი საგრძნობ სიდიდეს აღწევს, მტკნარი წყლის შერევა იქნებ არც კი მუდავნდებოდეს.

სულ სხვა ურთიერთობა შეიძლება დამყარდეს გრუნტისა და მინერალურ წყლებს შორის გაზიანი წყლების საბადოებში.

რადგან ამგვარი საბადოების ემულსიურ ზონაში დინამიკური წნევის სინალღე გარკვეულ პირობებში, რომელზედაც ზემოთ გვექონდა ლაპარაკი, გრუნტის წყლის დონის ქვევით შეიძლება მოექცეს, ამკარაა, რომ გრუნტის წყალი ზევიდან ქვევით უნდა ჩაედინოს და შეერიოს ამა თუ იმ რაოდენობით მინერალურ წყალს. ამას მოითხოვს ჰიდრავლიკური წონასწორობის ელემენტარული პრინციპი.

საკმარისია მივმართოთ სქემას (სურ. 2), რომ ადვილად დავრწმუნდეთ ამაში. თუ ნაპრალები I_1 , I_2 და I_3 , როგორც შედარებით ხელსაყრელნი, ატარებენ მინერალური წყლის მთელ ნაკადს, მაშინ გვერდით ნაპრალ Π -ში წყალი პრაქტიკულად თითქმის უძრავ მდგომარეობაში უნდა იყოს; ყოველ შემთხვევაში, უმნიშვნელო დენადობას არ შეუძლია გამოიწვიოს გაზის შემამსუბუქებელი მოქმედება. გავარჩიოთ წონასწორობის პირობები წერტილ P -ში, სადაც იკვეთებიან ნაპრალები I_1 და Π . პირველ ნაპრალში მომდინარე გაზნარევი წყლის წნევა ამ წერტილში გამოიხატება PM მონაკვეთით, ხოლო Π ნაპრალში მოქცეული წყლისა — PS -თ. რადგან PM ნაკლებია, ვიდრე PS , ამიტომ, თავისთავად ცხადია, წყალი Π ნაპრალიდან უნდა ინთქმებოდეს I_1 ნაპრალის ნაკადით.

იმ ჰიდროდინამიკურ ვითარებაში, რომელსაც გულისხმობს ეს სქემა, მინერალური და მტკნარი წყლების ამა თუ იმ რაოდენობით ასეთი შერევა პრაქტიკულად არამცთუ შესაძლებელია, აუცილებელიც კი არის. პროცესი, პარადოქსალური უვაზო წყლების დინამიკის თვალსაზრისით, ამ შემთხვევაში სრულიად ბუნებრივი ჩანს.

ამგვარად, ემულსიის ზონა, წარმოადგენს რა შემცირებული წნევების ზონას, გარკვეულ პირობებში აგრეთვე გამტკნარების ზონაც არის.

ამგვარი მოვლენის მშვენიერ მაგალითებს იძლევა ისევე ბორჯომი. მასალა ამის შესახებ უკვე გამოქვეყნებულია პროფ. ი. ბუაჩიძის მიერ [4]. ძნელია მხოლოდ გაზიარება მოვლენის იმ ახსნისა, რომელსაც ავტორი იძლევა. მისი დასკვნით, ბუნებრივი გამოსავლების უბანზე ალუვიონის მკვიდრი ფუძის ნაპრალებში უწნეო მტკნარი წყლის ნაკადი უნდა არსებობდეს და მასში ხდებოდეს მინერალური წყლის ნაწილის განტვირთვა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოლოგიური ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.5.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Р. К. Кампе. Минеральные источники, Е. Пиринц и Р. Кампе. гидрогеология т. II, источники, Сельхозгиз, Москва, 1937.
2. L. Armand. Etude des Sources Gazeuses et particulièrement des Sources obtenues par forage dans le bassin de Wichy. Ann. de L'inst, d'Hydrologie et de Climat. (Collège de France), IX,—fasc. 2 (№ 32), Paris, 1934.
3. К. Ф. Богородицкий. Движение природных газированных вод в скважинах. Труды Лаб. гидрог. проблем, т. XII, 1955.
4. ი. ბუაჩიძე. მინერალური და მტკნარი წყლების შერევის შესახებ ბორჯომის საბადოს, მაგალითზე. საქ. პალიტექნიკური ინსტ. შრომები, № 32, 1954.



პალეონტოლოგია

მ. ფოფხაძე

დიმორფიზმი მხართფეხიანებში

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ლ. დავითაშვილმა 7.7.1958)

ნამარხი მხართფეხიანების ერთსა და იმავე სახეში ხშირად შემჩნეულია დიმორფიზმი. ასეთი დიმორფიზმის მაგალითები ზოგჯერ აღნიშნული აქვთ პალეონტოლოგებს. მაგალითად, ტ. დევიდსონი ზოგიერთი სახის პოპულაციაში აღნიშნავს გამობურცულ და „კუზიან“ ფორმებს და მათ გვერდით შექყლებულ და ბრტყელ ფორმებს [1], მაგრამ ის ამ მოვლენის ახსნას არ იძლევა. რინჩონელათა ერთისა და იმავე სახის ფარგლებში ფორმათა მორფოლოგიურ განსხვავებას აღნიშნავს აგრეთვე კ. რულიე [2], რასაც ის ნაწილობრივ ონტოგენურ ცვლილებებს, ნაწილობრივ კი ადგილობრივი პირობებით გამოწვეულ ცვლილებებს უკავშირებს. უაკობი და ფალოც ერთსა და იმავე სახის ფარგლებში ზოგჯერ ორგვარი ფორმის არსებობას მიუთითებენ, რასაც განსხვავებული ფაციესური პირობებით ხსნიან. დიმორფიზმს პალეოზოურ მხართფეხიანებში აღნიშნავენ აგრეთვე ბ. ლიხარევი, თ. სარიჩევა, ე. ივანოვა, დ. სტეპანოვი და სხვები, მეზოზოურ მხართფეხიანებში კი ვ. მაკრიდინი.

ერთსა და იმავე სახის ფარგლებში მორფოლოგიურად განსხვავებული ფორმების არსებობა მეც შემჩნეული მაქვს. მაგალითად, *Rhynchonella Iebar-diensis* Popch.-ის აღწერაში აღნიშნულია, რომ ეს სახე აერთიანებს 1. შედარებით უფრო მკვეთრ სინუსიან ფორმებს და 2. უფრო სუსტ სინუსიან გრძელ ფორმებს ([4], გვ. 40—42). *Rhynchonella bixbiensis* Popch.-ის აღწერაში დასახელებულია 1) გამობურცული, ფრთიანი და 2) ბრტყელი, სუსტფრთიანი ფორმები. საჭიროა აღინიშნოს, რომ თითოეულ მათგანს შეცვლილი აქვს სათანადოდ სხვა ნიშნებიც, მაგრამ ძირითადია ნიჟარის გამობურცულობა და გაბრტყელება ([4], გვ. 27), ხოლო *Rhynchonella rionensis* Anth.-ში ტრიმორფიზმითაა შემჩნეული: 1) საშუალო გამობურცულობის ტიპობრივი ფორმები, 2) ძლიერ გამობურცული ფორმები და 3) ბრტყელი ფორმები ([4], გვ. 36—37).

აღსანიშნავია, რომ მორფოლოგიურად განსხვავებული ეს ფორმები ნორმალურია, თითქმის ერთნაირი სიგრძისა და სივანის და არცერთ მათგანს არ ეტყობა განუვითარებლობის ან დაკნინების ნიშანი და არც ჯუჯა ფორმებს არ მიეკუთვნება არც ერთი მათგანი.

დევონური ბრაქიოპოდების მორფოლოგიური დიმორფიზმის შესახებ 1956 წელს ა. ლიაშენკომ გამოაქვეყნა სტატია ([5], გვ. 111—112), რომელშიც მას განხილული აქვს დიმორფიზმის შემთხვევები მხართფეხიანთა სხვადასხვა ჯგუფების წარმომადგენლებში. ა. ლიაშენკო ვარაუდობს, რომ მხართფეხიანების ნიჟარებზე შემჩნეული დიმორფიზმი განსხვავებული სქესის მაჩვენებელია და ჩვენ შეგვიძლია ვივარაუდოთ ნამარხ მხართფეხიანთა სქესობრივი დიმორფიზმის შესახებ. ნამარხ მხართფეხიანთა სქესობრივი დიმორფიზმი განხილული აქვს აგრეთვე უცხოეთის ზოგიერთ პალეონტოლოგს.

მხართფეხიანთა მორფოლოგიურ დიმორფიზმს ერთი შეხედვით თითქოსდა უფრო მოხდენილად ხსნის სქესობრივი დიმორფიზმის ვარაუდი, რადგან სხვადასხვა სქესის წარმომადგენლებისათვის დამახასიათებელია ზოგიერთი მორფოლოგიური განსხვავება და მცირე განსხვავება ზომებს შორის. ამ ვარაუდის სისწორეს ადასტურებს ისიც, რომ ეს ფორმები გვხვდება ერთად ერთსა და იმავე შრეებში.

მაგრამ სანამ ეს მოსაზრება (რომელიც უკანასკნელად ა. ლიანჯკომ გაიზიარა), განმტკიცებული არ იქნება თანამედროვე მხართფეხიანების შესწავლის საფუძველზე მიღებული უფრო მეტი ფაქტობრივი მასალით, მას მხოლოდ საინტერესო მოსაზრების ხასიათი ექნება, რადგან ნამარხ მხართფეხიანთა სქესობრივი დიმორფიზმის საკითხის გადასაწყვეტად საკმარისი არ არის დაყრდნობა იმ მცირე ცნობებზე, რომ თანამედროვე მხართფეხიანები განსხვავებულ-სქესიანები არიან და რომ მათს მამრებსა და მდედრებს სასქესო ორგანოების მცირეოდენი განსხვავებანი ახასიათებთ.

აღნიშნულ საკითხზე სულ სხვაგვარი თვალსაზრისი აქვს დ. სტეპანოვი [6]. ის პალეოზოურ მხართფეხიანებში შემჩნეულ დიმორფიზმს ნეოტენიით ხსნის. ბრტყელი ნიშნები ამ დიმორფული ფორმებიდან განხილული აქვს ისეთ ინიდივიდუუმებად, რომელთაც განვითარება შესჩერებიათ ონტოგენეზის სიჭაბუკის სტადიაზე, მაგრამ მათ ზრდა მაინც განუგრძობთ და მომწიფების სტადიისთვის მიუღწევიათ, თუმცა მოზრდილობის ასაკში იერი მაინც ჭაბუკური შერჩენიათ. ის აღნიშნავს, რომ ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ფართოდ გაგებულ ნეოტენიასთან. დ. სტეპანოვი ამ მოვლენის მიზეზებს იხილავს რინქონელიდებისათვის ცალკე და ასკვნის, რომ ამ ჯგუფის ზოგიერთი წარმომადგენლის ნეოტენური ფორმა გამოწვეულია მოზრდილობის სტადიაში ღუზისებრი მიმაგრების შერჩევით, ეს კი შესაძლებელია მომხდარიყო იმ შემთხვევაში, თუ აუზნი წყნარი იქნებოდა და ზღვის ფსკერი მაგარი [6], წყნარ აუზში და ფხვიერ ფსკერზე რინქონელიდები დაყრდნობითი მიმაგრების ხერხზე გადავიდოდნენ და, მასხალამე, სინუსი ძლიერ განუვითარდებოდათ და ამობურცულობაც გაეზრდებოდათ.

ნ. იაკოვლევი [7], ერთ-ერთმა პირველთაგანმა, აღნიშნა, რომ მხართფეხიანთა დიდი ცვალებადობა გამოწვეულია მიმაგრების ფაქტორებით, რომ ნიჟარათა მორფოლოგიური განსხვავებანიც დამოკიდებულია მიმაგრების ხერხის შეცვლასთან. ანალოგიურ დასკვნამდე მივიდა დ. სტეპანოვიც, მხოლოდ ჩვენ არ მიგვაჩნია მართებულად, რომ მოზრდილობის სტადიაში ღუზისებრი მიმაგრების ხერხის შერჩენა ნეოტენიით იქნეს ახსნილი.

როგორც აღინიშნა, ნამარხ მხართფეხიანებში მორფოლოგიური დიმორფიზმის შემთხვევები მრავალია; ეს ალბათ გამოწვეულია განვითარების რაღაც ნორმალური პირობებით (როგორც ამას მართებულად აღნიშნავს ლ. ლიანჯკოვი) და არა ფორმათა არანორმალური განვითარებით.

ნ. იაკოვლევი [7, 8], უკანასკნელად კი სხვებს, მაგალითად ე. ივანოვიას, ვ. მაკრიდინსას [9] და დ. სტეპანოვი [6], კარგად აქვთ ახსნილი სინუსისა და უნაგირას წარმოქმნა მხართფეხიანებში ზრდის პროცესთან და მიმაგრებისა და ნალექთა დაგროვების პირობებთან დაკავშირებით, სახელდობრ: სინუსი და უნაგირა კარგად უვითარდებათ, მუცლის საგდული უგრძელდებათ და სიმეტრია ერღვევათ იმ ფორმებს, რომლებიც ნალექთა სწრაფი დაგროვების ზოლში ცხოვრობენ და ღუზისებრი მიმაგრების ხერხს ცვლიან დაყრდნობითი მიმაგრების ხერხით, რითაც შლამში დამარხვის საშიშროება აცილებულია. ხოლო მაგარ სუბსტრატზე მიმაგრებულ და წყნარ აუზში მცხოვრებით ნალექებში დამარხვის საშიშროება არ მოელოთ, არ ესაჭიროებათ მიმაგრების ხერხის შეცვლა და დიდხანს არიან მიმაგრებული ღუზისებრად ფეხით

და, მაშასადამე, არც სინუსი უვითარდებათ მკვეთრად და იერიც პირველყოფილი შერჩებათ, მაგრამ არა იმიტომ, რომ ზრდა შეუჩერდებათ ან არანორმალური განვითარება აქვთ, არამედ იმიტომ, რომ ისეთ გარემოში უხდებათ ცხოვრება და ისეთ სუბსტრატზე, რომ მიმავრების პირველად ხერხს დიდხანს ან სულ ბოლომდე ინარჩუნებენ.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ზოგიერთ სახეში არ შეიმჩნევა ფორმათა დიმორფიზმი, ე. ი. მათ წარმომადგენლებს ერთგვაროვან პირობებში უხდებათ ცხოვრება, ხოლო შედარებით ერთგვაროვანი ცხოვრების პირობების შედეგად ნიჟარის გარეგანი იერის უცვლელობის კარგ მაგალითს მხართფეხიანებიდან *Lingula* წარმოადგენს.

ერთსა და იმავე შრეში, როგორც ბრტყელი და სუსტსინუსიანი, ისე მკვეთრსინუსიანი და გამოზურცული ფორმების არსებობა შეიძლება მიმავრების ხერხით აიხსნას. ამის შესახებ ნ. იაკოვლევი (18), გვ. 57) აღნიშნავს, რომ ერთმანეთის გვერდით მცხოვრებ ინდივიდუუმებს შესაძლებელია მნიშვნელოვანი განსხვავებანი ჰქონდეთ თითოეული მათგანის მიმავრების ინდივიდუალურ პირობებთან დაკავშირებით და რაღაც ათეული სანტიმეტრების მანძილი საკმარისი არის, რომ გაქრეს ის მიზეზები, რომელნიც იწვევენ ფორმათა მკვეთრ შეცვლას.

როგორც ცნობილია, დიდი საგდულების შემთხვევაში მოკლექუნთებიან მხართფეხიანებს (ფეხის კუნთის ზრდა ჩვეულებრივ ჩამორჩება საგდულების ზრდას) შესაძლებლობა არ ექნებათ დაიჭირონ სხეული ღუზისებრი მიმავრებით და გადადიან დაყრდნობით მიმავრებაზე, ე. ი. მათ სინუსიც მეტად განუვითარდებოდათ და საგდულის გამოზურცულობაც მოემატებოდათ; რაც შეეხება შედარებით ბატარა ფორმებს, მოკლე კუნთები დიდხანს შესძლებდნენ მათ მიწავრებას ღუზისებრად, ე. ი. სინუსიც ნაკლებ განუვითარდებოდათ და ნიჟარაც შედარებით ბრტყელი ექნებოდათ.

ამრიგად, შესაძლებლად მიგვაჩნია ვივარაუდოთ, რომ ნამარხი მხართფეხიანების ზოგიერთ სახეში შემჩნეული დიმორფიზმი შეიძლება აიხსნას ისეთი ფაქტორებით, როგორიცაა გრუნტის რაგვარობა, მხართფეხიანთა თანასაზოგადოებებად ცხოვრება, მიმავრების ხერხის რაგვარობა და სხვა. ამრიგად, სუსტსინუსიანი და ნაკლებად გამოზურცული ნიჟარები განვითარების სიჭაბუკის სტადიაზე შეჩერებას კი არ გვიჩვენებენ, არამედ ეს ნორმალური განვითარებაა, შედეგია ფეხაკით მიმავრებისა, რომელიც შემდეგ იცვლება დაყრდნობით მიმავრებით, ე. ი. მოძრავი მიმავრება იცვლება უძრავი მიმავრებით, ხოლო უკანასკნელ შემთხვევაში ფორმებს უვითარდებათ კარგად გამოსახული სინუსი და გამოზურცული ზურგის საგდული.

სხვა ნიშნების შეცვლაც ნიჟარაზე გარემოს სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით აიხსნება.

რაც შეეხება ჯუჯა ფორმების არსებობას ნორმალურად განვითარებულ ფორმებთან ერთად, ეს მე მხართფეხიანებში არ შემხვედრია; მაგრამ ცნობილია, რომ ზოგიერთი პალეონტოლოგი ამ მოვლენას სქესობრივ დიმორფიზმს ანდა ნეოტენიას უკავშირებს, მათი წარმოქმნის მიზეზები კი, როგორც ამას დ. სტეპანოვი სამართლიანად აღნიშნავს, სხვა ხასიათისაა და განსაკუთრებულ კვლევას მოითხოვს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 9.7.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. T. Davidson. British fossil Brachiopoda. Vol. 1, part. 2. The Cret. Brachiopoda. London, 1851—1855.
2. K. Roullier. Progressives sur la Géologie de Moscou. Troisieme étude. Variations de la Rhynchonella Fischeri, Bull. Soc. Natur de Moscou, t. XXII, N, I, 1849.
3. Ch. Jacob et P. Fallot. Étude sur les Rhynchonelles Portl., Néoc., et Mésoc-rét. Mém. de la Soc. Paléont. Suisse, vol. 39, Genève, 1913.
4. მ. ფ ა ზ ხ ა ძ ე. საქართველოს ცარცისა და პალეოგენის მხარეთმცოდნეობი. საქართველოს სახ. მუზეუმის მოამბე, ტ. XIV-A, 1949.
5. А. И. Ляшенко. Явление диморфизма у девонских брахиопод. Бюлл. Моск. общ. исп. природы. Отд. геол. XXXI, 4, 1956.
6. Д. А. Степанов. Диморфизм и неотения у палеозойских брахиопод. Ежегодник ВПО, т. XVI, 1957.
7. Н. Н. Яковлев. Прикрепление брахиопод, как основа видов и родов. Труды геол. ком., нов. серия, вып. 48, 1908.
8. Н. Н. Яковлев. Организм и среда. Москва, 1958.
9. В. П. Макридин. Брахиоподы юрских отложений русской платформы и некоторых прилежащих к ней областей. Автореферат. Москва, 1958.

ლ. მუხაძე

კომპლექსური ფუნქციის გამოყენებით ღამრეცი ბარსების
ანბარიში ზოლების მეთოდით

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ო. ონაშვილმა 4.7.1958)

§ 1. თხელი ღრეკადი ღამრეცი ბარსების ანბარიშისათვის ვ. ვლასოვის ტექნიკური თეორია [1] გვაძლევს დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას

$$\frac{1}{E\delta} \nabla^2 \nabla^2 \varphi - \nabla_k^2 w = 0 \quad (1)$$

$$\nabla_k^2 \varphi + D \nabla^2 \nabla^2 w = \chi,$$

სადაც

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \quad (2)$$

$$\nabla_k^2 = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_2 \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_1 \frac{\partial}{\partial y} \right).$$

(1) სისტემა დაიყვანება ერთ მერვე რიგის განტოლებამდე

$$\nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 F + \frac{12(1-\nu^2)}{\delta^2} \nabla_k^2 \nabla_k^2 F = \frac{\chi}{D}, \quad (3)$$

რომელიც სამართლიანია მუღრივი სიმრუდის ბარსებისათვის.

$F(x, y)$ ფუნქციის საშუალებით გამოისახება დაძაბული მდგომარეობის ყველა კომპონენტი:

$$T_1 = E\delta \left(k_2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + k_1 \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} \right),$$

$$T_2 = E\delta \left(k_2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + k_1 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} \right),$$

$$S = -E\delta \left(k_2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^3 \partial y} + k_1 \frac{\partial^4 F}{\partial x \partial y^3} \right),$$

$$M_1 = D \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \nabla^2 \nabla^2 F, \quad (4)$$

$$M_2 = D \left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \nabla^2 \nabla^2 F,$$

$$H = -D(1-\nu) \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \nabla^2 \nabla^2 F,$$

$$N_1 = D \left(\frac{\partial^3}{\partial x^3} + \frac{\partial^3}{\partial x \partial y^2} \right) \nabla^2 \nabla^2 F,$$

$$N_2 = D \left(\frac{\partial^3}{\partial y^3} + \frac{\partial^3}{\partial x^2 \partial y} \right) \nabla^2 \nabla^2 F.$$

ამგვარად, $F(x, y)$ ფუნქციის შეტანით ამოცანა დაიყვანება ერთი დიფერენციალურ განტოლების ამოხსნამდე დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის (1) ნაცვლად.

მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ (1) სისტემიდან (3) განტოლებაზე გადასვლისას ამოცანების კლასი, რომლებიც ამოიხსნება ტექნიკური თეორიით, მხოლოდ მუდმივისიმრუდიანი გარსებით შემოიფარგლება. გარდა ამისა, ძირითადი განტოლების მაღალი რიგი და (4) თანაფარდობათა რთული სტრუქტურა ქმნის დამატებით სიძნელეებს, რაც აგრეთვე ზღუდავს სასაზღვრო ამოცანების კლასს.

§ 2. კომპლექსური ფუნქციის

$$\Phi = w + i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{E\delta^2} \varphi \quad (5)$$

საშუალებით ი. ვეკუას [2] ამოცანა დაყავს ერთი მეოთხე რიგის დიფერენციალური განტოლების ამოხსნამდე

$$\nabla^2 \nabla^2 \Phi - i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{\delta} \nabla^2 \Phi = \frac{\zeta}{D}. \quad (6)$$

ეს წარმოადგენს ვ. ვლასოვის გარსთა ტექნიკური თეორიის განტოლებას, რომელიც სამართლიანია ნებისმიერი სიმრუდის გარსებისათვის. თუ გვაქვს ამ განტოლების ამოხსნა, მაშინ ძაბვათა და გადაადგილების ფუნქციები განისაზღვრება ფორმულებით

$$\varphi = \frac{E\delta^2}{\sqrt{12(1-v^2)}} \operatorname{Im} \Phi = \frac{E\delta^2(\Phi - \bar{\Phi})}{2i\sqrt{12(1-v^2)}},$$

$$w = \operatorname{Re} \Phi = \frac{\Phi + \bar{\Phi}}{2},$$

სადაც $\bar{\Phi}$ წარმოადგენს Φ -ს შუეულობულ კომპლექსურ ფუნქციას. განხილულ შემთხვევაში ჩვენ საქმე გვაქვს ნამდვილი ცვლადების კომპლექსური ფუნქციის დიფერენციალურ განტოლებასთან. ამიტომ ∇^2 და ∇^2_k ოპერატორებს იგივე სახე აქვთ, რაც (1) სისტემაში.

(6) განტოლებიდან Φ -ს განსაზღვრის შემდეგ ყველა ძალოვანი ფაქტორი მოიძებნება ფორმულებით

$$T_1 = \operatorname{Im} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \Phi; \quad T_2 = \operatorname{Im} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Phi; \quad S = -\operatorname{Im} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \Phi,$$

$$M_1 = D \operatorname{Re} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \Phi,$$

$$M_2 = D \operatorname{Re} \left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \Phi,$$

$$H = -D(1 - \nu) \operatorname{Re} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \Phi,$$

$$N_1 = D \operatorname{Re} \left(\frac{\partial^3}{\partial x^3} + \frac{\partial^3}{\partial x \partial y^2} \right) \Phi,$$

$$N_2 = D \operatorname{Re} \left(\frac{\partial^3}{\partial y^3} + \frac{\partial^3}{\partial x^2 \partial y} \right) \Phi.$$

(1) სისტემიდან (6) განტოლებაზე გადასვლა ამარტივებს ამოცანის შემდგომ ამოხსნას, რადგანაც მცირდება ამოსახსნელ განტოლებათა რაოდენობა, (3) განტოლებასთან შედარებით კი ორჯერ მცირდება მისი რიგი, რაც აადვილებს დამრეცი გარსების ანგარიშს.

მარტივდება აგრეთვე თანაფარდობები ძალოვანი ფაქტორებისათვის (4)-თან შედარებით, რაც თავის მხრივ აადვილებს სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნას.

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ დამრეცი გარსების კლასი, რომელთა მიმართაც (6) განტოლება გამოიყენება, არ ამოიწურება მუდმივისიმრუდიანი გარსებით, არამედ ნებისმიერ ფორმებს შეიცავს.

ყველა ჩამოთვლილი უპირატესობა მიუთითებს (6) განტოლების გამოყენების მიზანშეწონილობაზე ვ. ვლასოვის ტექნიკური თეორიით გარსების გაანგარიშებისას.

§ 3. კერძო წარმოებულების არსებობა როგორც დიფერენციალურ განტოლებათა (1) სისტემაში, ასევე (6) განტოლებაში საგრძნობლად აერთულებს ამოცანის ამოხსნას. არსებობს შესაძლებლობა ზოლების მეთოდის საშუალებით [3] ამ განტოლებების დაყვანისა დიფერენციალურ-სხვაობებიან განტოლებებზე ჩვეულებრივი წარმოებულებით.

ზოლების მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს:

(1) განტოლებათა სისტემაში შემავალი φ და ψ -ს კერძო წარმოებულები რომელიმე ერთი მიმართულებით უნდა შეიცვალოს სასრულო-სხვაობითი ფარდობებით. ამის გამო განსახილველი ზედაპირი დანაწილდება დისკრეტული ზოლებით.

დიფერენციალურ-სხვაობებიანი განტოლებების სისტემას აქვს სახე

$$L_1 \varphi_i + L_2 (\varphi_{i+1} + \varphi_{i-1}) + \frac{1}{h^4} (\varphi_{i+2} + \varphi_{i-2}) - E\delta (L_3 \psi_i + L_4 \psi_{i+1} + L_5 \psi_{i-1}) = 0, \tag{7}$$

$$L_3 \varphi_i + L_4 \varphi_{i+1} + L_5 \varphi_{i-1} + D \left[L_1 \psi_i + L_2 (\psi_{i+1} + \psi_{i-1}) + \frac{1}{h^4} (\psi_{i+2} + \psi_{i-2}) \right] = \zeta_i,$$

სადაც L_1, L_2, L_3, L_4 და L_5 -ის საშუალებით აღნიშნულია დიფერენციალური ოპერატორები:

$$L_1 = \frac{d^4}{dy^4} - \frac{4}{h^2} \frac{d^2}{dy^2} + \frac{6}{h^4},$$

$$L_2 = \frac{2}{h^2} \frac{d^2}{dy^2} - \frac{4}{h^4},$$

$$L_3 = (k_x)_i \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d(k_x)_i}{dy} \frac{d}{dy} - \frac{2}{h^2} (k_y)_i,$$

$$L_4 = \frac{1}{h^2} (k_y)_i + \frac{1}{2h} \frac{d}{dx} (k_y)_i,$$

$$L_5 = \frac{1}{h^2} (k_y)_i - \frac{1}{2h} \frac{d}{dx} (k_y)_i.$$

აქ $(k_x)_i$ და $(k_y)_i$ აღნიშნავენ მთავარ სიმრუდეებს x და y -ის მიმართულეებით შუა ზედაპირის i -ურ ზოლზე. ზოგად შემთხვევაში ისინი წარმოადგენენ x და y -ზე დამოკიდებულ ცვლად სიდიდეებს.

აღნიშნული მეთოდის გამოყენებისას ყოველი დისკრეტული ზოლისათვის იწერება (7) ტიპის ორი დიფერენციალურ-სხვაობებიანი განტოლება; s რაოდენობის ზოლებისთვის მიიღება $2s$ რიცხვი განტოლებებისაგან შემდგარი სისტემა. ამოხსნით რა მიღებულ სისტემას, ყოველი ზოლისათვის ვპოულობთ ძაბვათა და გადაადგილების ფუნქციებს, რომელთა საშუალებითაც განისაზღვრება დაძაბული მდგომარეობის ყველა კომპონენტი:

$$(T_1)_i = \frac{d^2}{dy^2} \varphi_i; \quad (T_2)_i = \frac{1}{h^2} (\varphi_{i+1} - 2\varphi_i + \varphi_{i-1});$$

$$S_i = -\frac{1}{2h} \frac{d}{dy} (\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1}),$$

$$(M_1)_i = D \left[\left(\nu \frac{d^2}{dy^2} - \frac{2}{h^2} \right) w_i + \frac{1}{h^2} (w_{i+1} + w_{i-1}) \right],$$

$$(M_2)_i = D \left[\left(\frac{d^2}{dy^2} - \frac{2\nu}{h^2} \right) w_i + \frac{\nu}{h^2} (w_{i+1} + w_{i-1}) \right],$$

$$H_i = -\frac{D(1-\nu)}{2h} \frac{d}{dy} (w_{i+1} - w_{i-1}), \quad (8)$$

$$(N_1)_i = D \left[\left(\frac{1}{2h} \frac{d^2}{dy^2} - \frac{1}{h^3} \right) w_{i+1} - \left(\frac{1}{2h} \frac{d^2}{dy^2} - \frac{1}{h^3} \right) w_{i-1} + \frac{1}{2h^3} (w_{i+2} - w_{i-2}) \right],$$

$$(N_2)_i = D \left[\left(\frac{d^2}{dy^2} - \frac{2}{h^2} \frac{d}{dy} \right) w_i + \frac{1}{h^2} \frac{d}{dy} (w_{i+1} + w_{i-1}) \right].$$

ზოლების მეთოდი იძლევა კერძოწარმოებულებიან (1) განტოლებათა სისტემის ნაცვლად ჩვეულებრივწარმოებულებიანი განტოლების ამოხსნის შესაძლებლობას, რაც საგრძნობლად ამარტივებს ამოცანას. მაგალითად, საძიებელი ფუნქციების φ და w -ს დაშლისას მწკრივად შესაძლებლობა გვაქვს ორმაგი მწკრივების ნაცვლად გამოვიყენოთ ერთმაგი მწკრივი, რაც გაცილებ-

ბით მარტივია გამოსათვლელად. როგორც (8)-დან ჩანს, ზარტივდება აგრეთვე ძალოვანი ფაქტორების განმსაზღვრელი თანაფარდობები.

§ 4. ყოველი დისკრეტული ზოლისათვის ორი განტოლების არსებობა რამდენადმე ართულებს ანგარიშს, რადგანაც, მაგალითად ორზე მეტი რიცხვის ზოლების დროს, ექვსი და მეტი განტოლებისაგან შემდგარი სისტემის ამოხსნა დიდ სირთულეს წარმოადგენს.

კომპლექსური ფუნქციის (6) დიფერენციალური განტოლების მიმართ ზოლების მეთოდის გამოყენებით ამოცანა დაიყვანება ყოველი ზოლისათვის ერთი დიფერენციალურ-სხვაობებიან განტოლების ამოხსნამდე:

$$[L_1\Phi_i + L_2\Phi_{i+1} + L_3\Phi_{i-1} + \frac{1}{h^4}(\Phi_{i+2} + \Phi_{i-2}) = \frac{z_i}{D}. \quad (9)$$

L_1, L_2 და L_3 -ის საშუალებით აღნიშნულია დიფერენციალური ოპერატორები:

$$L_1 = \frac{d^4}{dy^4} - \frac{4}{h^2} \frac{d^2}{dy^2} + \frac{6}{h^4} - i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{\delta} \left[(k_x)_i \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d(k_x)_i}{dy} \frac{d}{dy} - \frac{2}{h^2} (k_y)_i \right],$$

$$L_2 = \frac{2}{h^2} \left(\frac{d^2}{dy^2} - \frac{2}{h^2} \right) - i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{\delta} \left[\frac{1}{2h} \frac{d(k_y)_i}{dx} + \frac{1}{h^2} (k_y)_i \right],$$

$$L_3 = \frac{2}{h^2} \left(\frac{d^2}{dy^2} - \frac{2}{h^2} \right) - i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{\delta} \left[\frac{1}{h^2} (k_y)_i - \frac{1}{2h} \frac{d(k_y)_i}{dx} \right].$$

იმ შემთხვევაში, როცა $\frac{d(k_y)_i}{dx} = 0$, მეორე და მესამე ოპერატორები-

სათვის ვლებულობთ ერთსა და იმავე გამოსახულებას.

მოკლედ განვიხილოთ მიღებული (9) განტოლების ამოხსნის ყველა შესაძლო მეთოდი.

ზუსტ ამოხსნას, როცა საქმე გვაქვს მუდმივკოეფიციენტებიან განტოლებასთან, მიყვავართ მაღალი ხარისხის მახასიათებელი განტოლებების ფესვების მოძებნის სირთულემდე და სასაზღვრო პირობების მიხედვით ინტეგრების მუდმივების განსაზღვრამდე.

მეორე მიმართულებითაც სასრულო სხვაობებზე გადასვლისას ჩვენ ვლებულობთ ბადის მეთოდს, რომელიც მისაღებია ნებისმიერად დაყრდნობილი ნებისმიერი სიმრუდის გარსებისათვის, მაგრამ ერთ სისტემაში შემავალ სხვაობით განტოლებათა რიცხვი დიდი გამოდის, რაც ართულებს ანგარიშს. გარდა ამისა, ერთ-ერთი მიმართულებით საძიებელი ფუნქციის მწკრივად გაშლის შედეგად ზოლების მეთოდი უფრო მეტ სიზუსტეს იძლევა, ვიდრე ბადის მეთოდი.

ფორიეს მარტივი მწკრივების გამოყენება საერთოდ საკმაოდ შეზღუდულია, მაგრამ ზოლების მეთოდში მას მაინც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან ნაპირა ზოლების გასწვრივ შეიძლება ავილოთ ნებისმიერი სასაზღვო პირობები.

ყველაზე ზოგად მიახლოებით მეთოდს წარმოადგენს ვარიაციული, რომელიც (1) სისტემის მიმართ გამოყენებული აქვს ო. ონიაშვილს [4].

ვარიაციული მეთოდი იძლევა განტოლების შედარებით ადვილად ამოხსნის შესაძლებლობას ყოველგვარი სიმრუდისა და სასაზღვრო პირობების არსებობისას.

ჩვენს შემთხვევაში სასაზღვრო პირობები იღება საძიებელი ფუნქციის წარმოსახვითი და ნამდვილი ნაწილებისათვის ცალ-ცალკე.

განვიხილოთ შედარებით კერძო შემთხვევა, როცა φ და ψ იშლება მწკრივად ერთნაირი ფუნქციებით, ამავე ფუნქციით დაიშლება საძიებელი Φ ფუნქცია და დატვირთვა:

$$\Phi_i(y) = \sum_{n=1}^{\infty} A_{i,n} \Phi_{i,n},$$

$$Z_i(y) = \sum_{n=1}^{\infty} B_{i,n} \Phi_{i,n}.$$

მაშინ ვარიაციულ განტოლებას ექნება სახე:

$$\int_0^b \left[A_{i,n} L_1 \Phi_{i,n} + A_{i+1,n} L_2 \Phi_{i+1,n} + A_{i-1,n} L_3 \Phi_{i-1,n} + \frac{1}{h^4} (A_{i+2,n} \Phi_{i+2,n} + A_{i-2,n} \Phi_{i-2,n}) - \frac{B_{i,n}}{D} \Phi_{i,n} \right] \Phi_{i,n} dy = 0, \quad (10)$$

რომელიც გამოდგება ნებისმიერი ვორმის გარსისათვის. (10) განტოლების ინტეგრაციის შემდეგ მივიღებთ ν წრფივ ალგებრულ განტოლებებს Φ_i ფუნქციის დაშლის კომპლექსური კოეფიციენტების მიმართ აღნიშნული ზოლისათვის.

შემდეგ Φ_i -ის მოძებნილი მნიშვნელობების მიხედვით ვპოულობთ ყველა ძალოვან ფაქტორს:

$$(T_1)_i = J_m \frac{d^2}{dy^2} \Phi_i; \quad (T_2)_i = J_m \frac{1}{h^2} (\Phi_{i+1} - 2\Phi_i + \Phi_{i-1}),$$

$$S_i = -\frac{1}{2h} J_m \frac{d}{dy} (\Phi_{i+1} - \Phi_{i-1}),$$

$$(M_1)_i = D \operatorname{Re} \left[\left(\nu \frac{d^2}{dy^2} - \frac{2}{h^2} \right) \Phi_i + \frac{1}{h^2} (\Phi_{i+1} + \Phi_{i-1}) \right],$$

$$(M_2)_i = D \operatorname{Re} \left[\left(\frac{d^2}{dy^2} - \frac{2\nu}{h^2} \right) \Phi_i + \frac{\nu}{h^2} (\Phi_{i+1} + \Phi_{i-1}) \right],$$

$$H_i = -\frac{D(1-\nu)}{2h} \operatorname{Re} \frac{d}{dy} (\Phi_{i+1} - \Phi_{i-1}),$$

$$(N_1)_i = D \operatorname{Re} \left[\left(\frac{1}{2h} \frac{d^2}{dy^2} - \frac{1}{h^3} \right) \Phi_{i+1} - \left(\frac{1}{2h} \frac{d^2}{dy^2} - \frac{1}{h^3} \right) \Phi_{i-1} + \frac{1}{2h^3} (\Phi_{i+2} - \Phi_{i-2}) \right],$$

$$(N_2)_i = D \operatorname{Re} \left[\left(\frac{d^3}{dy^3} - \frac{2}{h^2} \frac{d}{dy} \right) \Phi_i + \frac{1}{2h} \frac{d}{dy} (\Phi_{i+1} + \Phi_{i-1}) \right].$$

ამგვარად, ზოლების მეთოდში ნამდვილი ცვლადების კომპლექსური ფუნქციის გამოყენებით ერთიანდება ყველა ის უპირატესობანი, რომლებსაც იძლევა ამოცანის ამოხსნისას ი. ვეკუას გარდაქმნა, ერთი მხრივ, და ზოლების მეთოდი, მეორე მხრივ, ე. ი. კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლება დადის დიფერენციალურ-სხვაობებიან განტოლებაზე ჩვეულებრივ წარმოებულებით, მცირდება ერთ სისტემაში შემავალი განტოლებების რიცხვი და რიცხვი, იმ ამოცანების კლასის შეზღუდვის გარეშე, რომლებიც გამოიკვლევა გარსთა ტექნიკური თეორიით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.7.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. З. Власов. Общая теория оболочек. М.—Л., 1949.
2. И. Н. Векуа. Новые методы решения эллиптических уравнений. М.—Л., 1948.
3. В. Н. Шапшмелашвили. Расчет пологих оболочек методом полос. Сообщения АН ГССР, т. XVIII, № 2, 1957.
4. О. Д. Ониашвили. Некоторые динамические задачи теории оболочек. М., 1957.

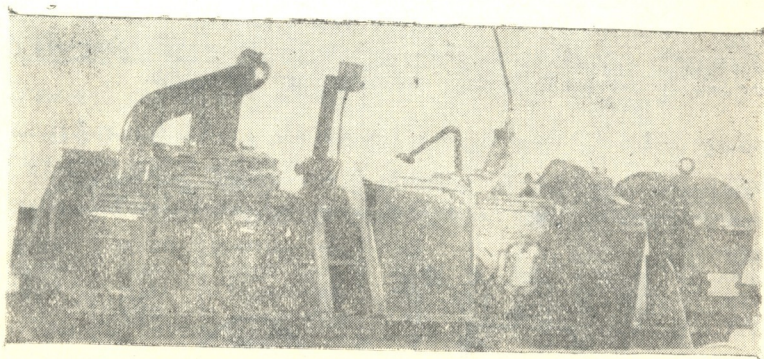
ბ. ამბოკაძე

ავტომობილის მექანიზმების საგამოცდო სტენდი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. მახალიანმა 16.1.1959)

სავტომობილო აგრეგატის გამოცდისას ხშირად საჭიროა მისი ამკრავი ლილვის ბრუნთა რიცხვის ცვლა და მგრეხი მომენტის სიდიდის გაზომვა. ამ მიზნით ლაბორატორიებში გამოყენებულია სპეციალური დანადგარი მულმივი დენის ელექტროძრავით და სასწორული მექანიზმით, რომლის დამზადება საკმარისად რთულია.

ამ დანადგარის ნაცვლად, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეტალურგიის ინსტიტუტის მანქანათმშენებლობის განყოფილებაში აკად. ვ. მახალიანის ხელმძღვანელობით ავტორის მიერ დაგეგმარებული და დამზადებულია ახალი საგამოცდო სტენდი (ნახ. 1), რომელიც თავისი მარტივი კონსტრუქციითა და მგრეხი მომენტის სიდიდის მზომ ორიგინალური აგრეგატით განსაზღვრულ ტექნიკურ ინტერესს წარმოადგენს.

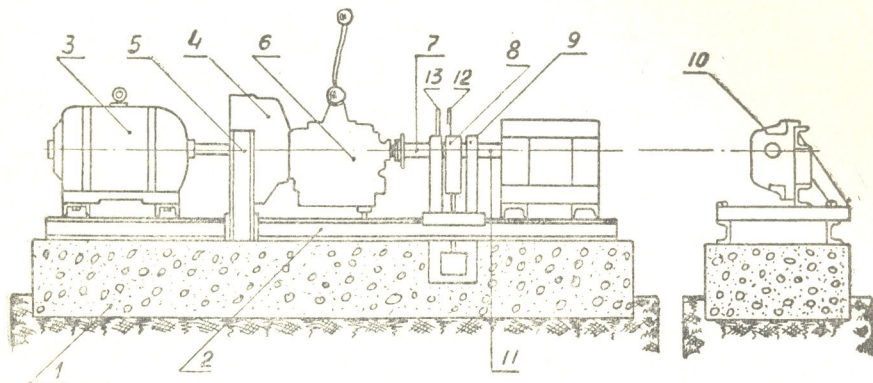


ნახ. 1. სავტომობილო მექანიზმების საგამოცდო სტენდის საერთო ხედი

1. სტენდის აღწერილობა

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია სტენდის სქემა. საძირკველზე (1) გრძივად დამაგრებულია ორი ძელი (2), რომლის მარცხენა მხარეზე მოთავსებულია ცვლადი დენის ელექტროძრავა (3) ($N_e = 28$ კვ; $n = 1450$ ბრ/წ.) ელექტროძრავას ღერძზე დასმულია ქურო, რომლის გარკმი (4) დამაგრებულია ვერტიკალურ ძელზე (5). ქუროს გარკმს მარჯვენა მხრიდან ოთხი ჭანჭიკით ემაგრება გადაცემათა ცვლის კოლოფი (6), რომლის მეორადი ლილვი რბილი კარდანიით (7) შეერთებულია

ბალანსირულ რედუქტორთან (8), რომლის საშუალებითაც იზომება გამოსატუ-
ლი აგრეგატის ამძრავი ლილვის მგრები მომენტის სიდიდე.



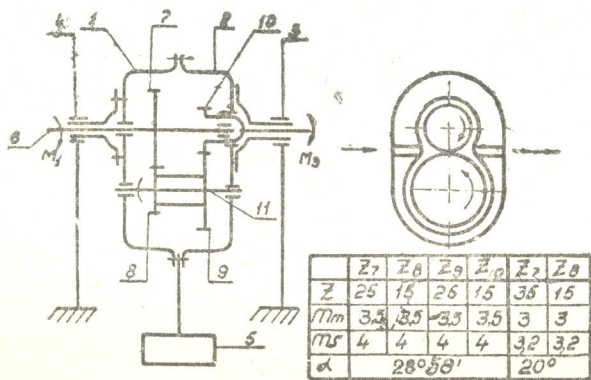
ნახ. 2. საავტომობილო მექანიზმების საგამოცდო სტენდის სქემა

ბალანსირული რედუქტორი ბურთულა საკისრებით ეყრდნობა ჩარჩოს (9) და საშუალება აქვს თავისი ღერძის ირგვლივ ქანობისა გამოსაცდელ აგრე-
გატზე (10) მგრები მომენტის გადაცემის დროს. გამოსაცდელი აგრეგატი რე-
დუქტორთან შეერთებულია ამძრავი ლილვით (11). გამოსაცდელი აგრეგატის
ამძრავი ლილვის ბრუნთა რიცხვის ცვლა წარმოებს გადაცემათა კოლოფის და
სპეციალური ბალანსირული რედუქტორის საშუალებით. ბალანსირულ რედუქტო-
რზე დამაგრებულია მგრები მომენტის ვიზუალური მზომი ისარი (12), ხო-
ლო რედუქტორის ჩარჩოზე — მომენტის შკალა (13).

ბალანსირული რედუქტორი ამავე დროს წარმოადგენს კბილანა ტუმბოს
და საჭიროების შემთხვევაში ზეთაფს გამოსაცდელ აგრეგატს.

2. ბალანსირული რედუქტორის კონსტრუქცია

ბალანსირული რედუქტორი (ნახ. 3) წარმოადგენს გამოსაცდელი აგრეგა-
ტის ამძრავი ლილვის ბრუნთა რიცხვების სარედუქციო მექანიზმს, იმავე დროს



ნახ. 3. ბალანსირული რედუქტორის სქემა

იგი ზომავს ლილვის მგრები მომენტის სიდიდეს და გამოსაცდელ აგრეგატს აწვდის ზეთს, ამგვარად იგი აერთიანებს სამ აგრეგატს.

ბალანსირული რედუქტორი შემდეგი კონსტრუქციისაა: მარცხენა (1) და მარჯვენა (2) ნაწილისაგან შემდგარი თუჯის კორპუსი დანადგარის ჩარჩოს ეყრდნობა ორი ბურთულა საკისარით (3), (4). კორპუსს ქვედა ნაწილში სახსრულად მიმაგრებული აქვს ბალანსირული ტვირთი (5). პირველადი ლილვი (6) გადასცემს ბრუნვას მეორად ლილვის (10), (8), (9) და (10) კბილათვლების საშუალებით. მეორად ლილვზე მოქმედი მგრები მომენტი წარმოშობს საშუალოდ ლილვის (11) საყრდნობებზე რეაქციებს. ეს უკანასკნელი გამოიწვევს რედუქტორის კორპუსის გადახრას თავისი ვერტიკალური მდგომარეობიდან, რაც მგრები მომენტის სიდიდის გაზომვის საშუალებას იძლევა.

ნახ. 3-ზე (მარჯვენა მხარეს) ნაჩვენებია რედუქტორის მუშაობა კბილანური ტუმბოს სქემით.

3. საგამოცდო სტენდის კინემატიკა

აღნიშნით:

ელექტროძრავას ბრუნთა რიცხვი n ბრ/წ,

გადაცემათა ცვლის კოლოფის გადაცემის რიცხვი . . . i_k ,

ბალანსირული რედუქტორის გადაცემის რიცხვი . . . i_p .

ბალანსირული რედუქტორის მეორადი ლილვის (10) ბრუნთა რიცხვი ტოლი იქნება,

$$n_{(10)} = \frac{n}{i_k \cdot i_p}$$

დადგენილი დასაბუთებული დანადგარის კინემატიკური მონაცემები მოყვანილია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1

ელექტროძრავას ბრუნთა რიცხვი ბრ/წ.		1450				
გადაცემათა ცვლის კოლოფის გადაცემის რიცხვი		6,24	3,32	1,9	1,0	0,8
რედუქტორის	0,258	900	1700	2960	5650	7000
გადაცემის	0,36	840	1210	2120	4000	5000
რიცხვი	2,78	84	157	275	521	653
	3,89	60	112	197	373	467
		მეორადი ლილვის სათანადო ბრუნთა რიცხვი				
		წუთში				

ამაჩვენებელი გადაცემის რიცხვი $i_p=0,36$ $i_p=0,258$, მიიღება α_7 და α_8 კბილათვლების ჩართვით, ხოლო შემანელებელი გადაცემის რიცხვი— $i_p=2,78$ და $i_p=3,89$ —რედუქტორის მობრუნებით 180° ზე.

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, სტენდს აქვს ბრუნთა რიცხვების საკმაოდ ფართო დიაპაზონი, რაც საფუძვლად აკმაყოფილებს საავტომობილო მექანიზმების გამოცდის პირობებს.

4. ბალანსირული რედუქტორის დინამიკა

განვიხილოთ ბალანსირული რედუქტორის საშუალოდ ლილვის კბილანებზე მოქმედი წრიული ძალები და მათ მიერ გამოწვეული რეაქციები ღერძის საყრდნობებში.

$$p_2 = \frac{2 \cdot M_2}{m_2 \cdot z_9} = \frac{2 \cdot M_m \cdot i_k \cdot i_{p1} \cdot \eta_m}{m_2 \cdot z_9};$$

სადაც

m_1 და m_2 —რედუქტორის წყვილი კბილანების მოდულებია. აქედან გამომდინარე, ვლებულობთ

$$R_A - R_B = p_1 - p_2 = 2 M_m \cdot i_k \cdot i_{p1} \cdot \eta_m \left(\frac{1}{m_1 \cdot z_8} - \frac{1}{m_2 \cdot z_9} \right). \quad (1)$$

მეორად ლილვზე მოქმედი მგრები მომენტი

$$M_3 = M_m \cdot i_k \cdot i_p \cdot \eta_m,$$

საიდანაც

$$M_m = \frac{M_3}{i_k \cdot i_p \cdot \eta_m}.$$

თუ M_m -ის ამ სიდიდეს ჩაესვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ

$$R_A - R_B = \frac{2 \cdot M_3 \cdot z_9}{z_{10}} \left(\frac{1}{m_1 \cdot z_8} - \frac{1}{m_2 \cdot z_9} \right). \quad (2)$$

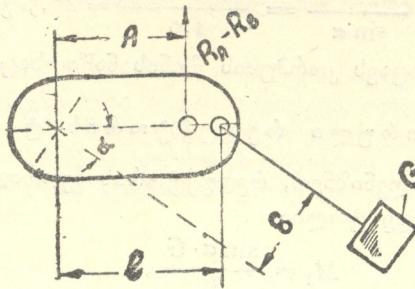
5. რედუქტორის ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრა

როგორც რედუქტორის ბალანსირების სქემიდან ჩანს (ნახ. 5),

$$(R_A - R_B) A = G \cdot \epsilon = G \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

საიდანაც

$$\sin \alpha = \frac{(R_A - R_B) A}{G \cdot l}. \quad (3)$$



ნახ. 5. რედუქტორის ბალანსირების სქემა

(2) და (3) ტოლობათა ურთიერთ ამოხსნით ვლებულობთ რედუქტორის კორპუსის გადახრის α კუთხის, მეორადი ლილვის მგრები მომენტის M_3 და ბალანსირული ტვირთის G სიდიდის საანგარიშო ფორმულებს:

$$\alpha = \arcsin \frac{K \cdot M_3}{G}, \tag{4}$$

$$M_3 = \frac{\sin \alpha \cdot G}{K}, \tag{5}$$

$$G = \frac{K \cdot M_3}{\sin \alpha}, \tag{6}$$

სადაც K მუდმივი სიდიდეა და გამოისახება ტოლობით

$$K = \frac{2 \cdot A \cdot Z_9}{l \cdot Z_{10}} \left(\frac{1}{m_1 \cdot Z_8} - \frac{1}{m_2 \cdot Z_9} \right). \tag{7}$$

დაგეგმარებული რელექტორისათვის:

ღერძთა შორის მანძილი $A=0,08$ მ,

პირველად ლილვსა და ტვირთის ღერძს შორის

მანძილი $l=0,15$ მ,

რელექტორის კბილათვლების კბილთა რიცხვები

. $Z_8=15, Z_9=25, Z_{10}=15.$

პირველი და მეორე წყვილი კბილათვლების მო-

დუღლები $m_1=m_2=4$ მმ

მოყვანილი მონაცემების მიხედვით $K=11,86$ 1/მ.

$K=11,86$ 1/მ შეესაბამება $i_p=0,36$ გადაცემის რიცხვს, სხვა გადაცემის რიცხვისათვის K სიდიდე გამოითვლება ანალოგიურად.

შევირჩიოთ $M_3=4,0$ კგმ რელექტორის მეორადი ლილვის მგრები მომენტის მაქსიმალური სიდიდე, მაშინ მისი გადაცემის დროს რელექტორის კორპუსი თავისი ვერტიკალური მდგომარეობიდან გადაიხრება $\alpha=90^\circ$ -ზე, ამ შემთხვევაში $K=11,86$ 1/მ წინასწარ განსაზღვრული მნიშვნელობისათვის, ბალანსირული ტვირთის G სიდიდე გამოითვლება (6) ფორმულით

$$G = \frac{K \cdot M_3}{\sin \alpha} = \frac{11,86 \cdot 4,0}{1,0} = 47,5 \text{ კმ.}$$

სიდიდე G აგრეთვე შეიცავს კორპუსის წონის ნაწილსაც.

6. ბალანსირული რელექტორის ტარირება

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, რელექტორის მეორად ლილვზე მოქმედი მგრები მომენტის სიდიდე ტოლია

$$M_3 = \frac{\sin \alpha \cdot G}{K}, \tag{5'}$$

სადაც K გამოითვლება (7) ფორმულით.

(5) და (7) ფორმულებიდან ჩანს, რომ მგრები მომენტის სიდიდე არ არის დამოკიდებული აგრეგატის მ. ქ. კ.-ზე, რაც ბალანსირულ რელექტორს ანიჭებს მაღალ სიზუსტეს. აღნიშნულის საფუძველზე, მომენტების მაჩვენებელი შკალა (13) (ნახ. 6) ზომბაქდებულია მე-(5) ფორმულის მიხედვით.

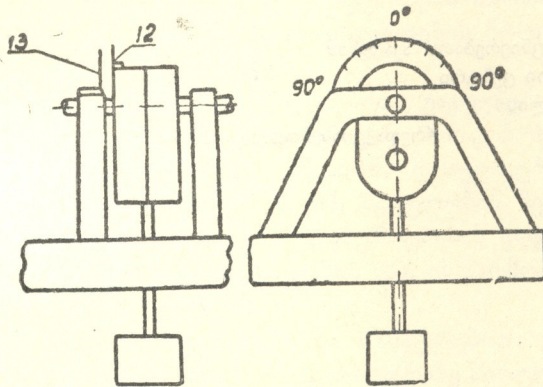
წინასწარ შერჩეულ მაქსიმალურ მგრეხი მომენტის $M_3=4,0$ კგმ გავლენით, მომენტის მაჩვენებელი ისარი (12) თავის ვერტიკალურ მდგომარეობიდან უნდა გადაიხაროს 90° -ზე. მასასადამე, მომენტის შკალაზე დანაყოფი 0° შეესაბამება $-M_3=0$, ხოლო დანაყოფი $90^\circ - M_3=4,0$ კგმ.

მომენტების შკალის ზომავლდევა 0-დან 4,0 კგმ შუალედებში წარმოებს რედუქტორის დახრის კუთხის ანგარიშით (4) ფორმულით

$$\alpha = \arcsin \frac{M_3 \cdot K}{G}$$

მომენტების შკალის ზომავლდევის სიზუსტის შემოწმება წარმოებს სტენდის ტარირებით, რომელიც ჩატარებულია შემდეგი მეთოდიკით.

რედუქტორის პირველადი ლილვი უძრავად გაჩერდება, ხოლო მეორად ლილვზე მოდებულია განსაზღვრული სიდიდის მგრეხი მომენტი (ბერკეტისა და მასზე ჩამოკიდებული სათანადო წონის ტვირთის საშუალებით). ამ შემთხვევაში კორპუსის მობრუნების კუთხის სიდიდე უნდა ეთანადებოდეს (4) ფორმულით გაანგარიშებულ α კუთხეს.



ნახ. 6. ბალანსირული რედუქტორის მომენტების შკალა

საჭიროა აღინიშნოს, რომ მგრეხი მომენტის სიდიდის ჩვენებაზე საგრძნობ გავლენას ახდენს რედუქტორში ზეთის გაშხეფვა, როდესაც რედუქტორი ზეთის ტუმბოს მოვალეობას ასრულებს, დამყარებულ ტემპერატურულ რეჟიმზე მუშაობის დროს რედუქტორის კორპუსის გადახრის კუთხის სიდიდე დამოკიდებულია მეორადი ლილვის ბრუნთა რიცხვზე და გამოიხატება მე-2 ცხრილში მოყვანილ სიდიდეებში.

ცხრილი 2

მეორადი ლილვის ბრუნთა რიცხვი ბრ./წ.	841	1210	2120	4000	5000
რედუქტორის გადახრის სიდიდე უკმი ბრუნვის დროს	30'	1°	1°30'	2°	3°

შენიშვნა: მე-2 ცხრილის მონაცემები შეესაბამება ზეთს ავტოლო ტუჩკი 175-45, როდესაც რედუქტორი ნახევრად შევსებულია და გარემო ჰაერის ტემპერატურაა 20°C .

ცდომილების ეს სიდიდე საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ გამოსაცდელ აგრეგატზე მოქმედ მგრეხი მომენტის სიდიდის დადგენის დროს.

დასკვნა

1. ავტომობილის მექანიზმების გამოსაცდელი ახალი სტენდი არსებულებთან შედარებით გაცილებით მარტივი კონსტრუქციისაა. იგი დამზადებულია უმთავრესად მასობრივი გამოშვების ავტომობილების აგრეგატებიდან და აქვს ბრუნთა რიცხვების საკმაოდ დიდი დიაპაზონი, რაც სავსებით აკმაყოფილებს საავტომობილო მექანიზმების გამოცდის პირობებს.

2. დანადგარში გამოყენებულ ახალი კონსტრუქციის მექანიზმში ე. წ. ბალანსირულ რედუქტორში, გაერთიანებულია სამი აგრეგატი: ა) ბრუნთა რიცხვების შემცველი რედუქტორი, ბ) მგრეხი მომენტის სიდიდის მზომი მექანიზმი, გ) ზეთის ტუმბო, რაც ამარტივებს დანადგარის კონსტრუქციას და აუმჯობესებს მის მუშაობას.

3. ბალანსირულ რედუქტორში მექანიკური დანაქარგები გავლენას არ ახდენენ მგრეხი მომენტის სიდიდის ზომვაზე, რაც დანადგარის სიზუსტეს ადიდებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გამოთვლითი ცენტრი
 თბილისი

(რედაქციას მოუხიდა 16.1.1959)

მეტალურგია

შ. თაბაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)
 ი. ბანიკაშვილი და ბ. ცაბარაშვილი

მანგანუმის ბავლენა თუჯის ბანგობრივებაზე ვაკუუმური
 დნობისას

თუჯის განგოგირდების კანონზომიერების შესწავლა მეტალურგიულ პროცესების ერთ-ერთ ძირითად და აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს.

ავტორთა უმრავლესობა სხვადასხვანაირად აფასებს ლითონსა და წიდას შორის გოგირდის განაწილებაზე მოქმედ ფაქტორებს. აზრთა სხვადასხვაობა აგრეთვე ვაკუუმური დნობისას თუჯის განგოგირდების პროცესის ახსნის ირგვლივ.

ფიშურისა და კონენის მონაცემებით, ვაკუუმური დამუშავებისას ლითონში არსებული გოგირდისა და ჟანგბადის პროცენტულ შეცულობებს შორის ფარდობა 4-ს უახლოვდება. ამასთან, დესულფურაციის სისრულე იზრდება გადადნობილ ლითონში ჟანგბადის შეცულობის შემცირებით [1].

სამარინის აზრით, ვაკუუმური დამუშავებისას გოგირდის შეცულობის შემცირება გამოწვეულია აიროვანი ფაზის SO_2 -ის წარმოქმნით ან თავისუფალი გოგირდის აორთქლებით [2].

ბრაინინისა და შაპოვალოვის მონაცემებით, ლითონში გოგირდის შემცირება გამოწვეულია მაღალ ტემპერატურაზე აირული ნაერთის CS_2 -ის წარმოქმნით [3].

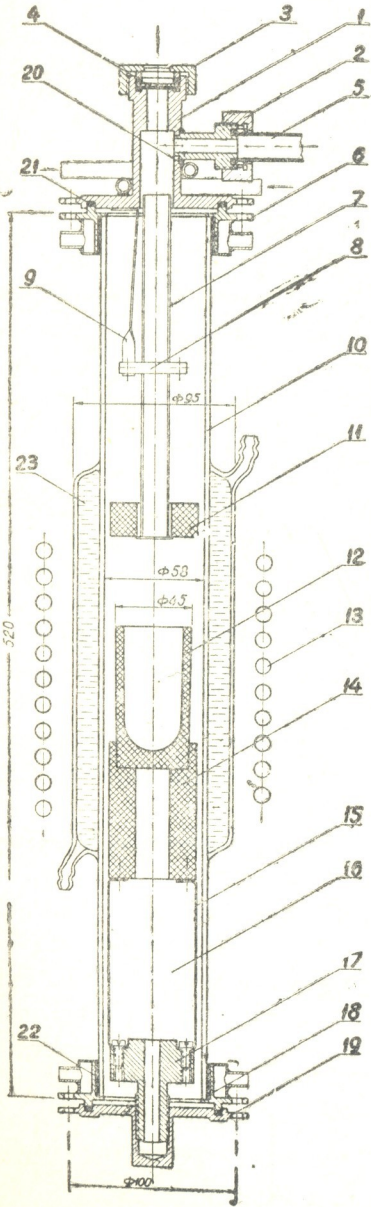
ჩენი კვლევის მიზანია თუჯის განგოგირდების თავისებურების შესწავლა ვაკუუმურ დნობისას.

დნობებს ვაწარმოებდით მაღალი სიხშირის ვაკუუმურ ლუმენში. სურ. 1-ზე ნაჩვენებია ჩვენ მიერ კონსტრუირებული სარეაქციო მილის ჭრილი. დნობები წარმოებდა მაგნეზიტისა და კორუნდის ტიგლებში. ნიმუშის წონა მერყობდა 180-დან 220 გრამამდე. დნობის რეჟიმის ზოგადი სახე გაიშვიათებისაგან დამოკიდებულებით მოცემულია სურ. 2-ზე. ვაკუუმის ქვეშ თუჯის უწყიდლოთ დნობისას განგოგირდების პროცესზე მანგანუმის გავლენის შესწავლის მიზნით გამოდნობილ იქნა თუჯები მანგანუმის სხვადასხვა პროცენტული შეცულობით 1 ცხრილში მოცემულია გამოსავალი თუჯების ქიმიური შედგენილობა.

I თუჯის გამოსავალ მასალას წარმოადგენდა არმკო რკინა, რომელიც გადადნობილ იქნა გრაფიტის ტიგელში ლითონური სილიციუმის დამატებით.

დანარჩენი თუჯები მიღებულ იქნა ბოჯური თუჯის მაგნეზიტის ტიგელებში გადადნობით. მანგანუმი დამატებულ იქნა ლითონური მანგანუმის სახით.

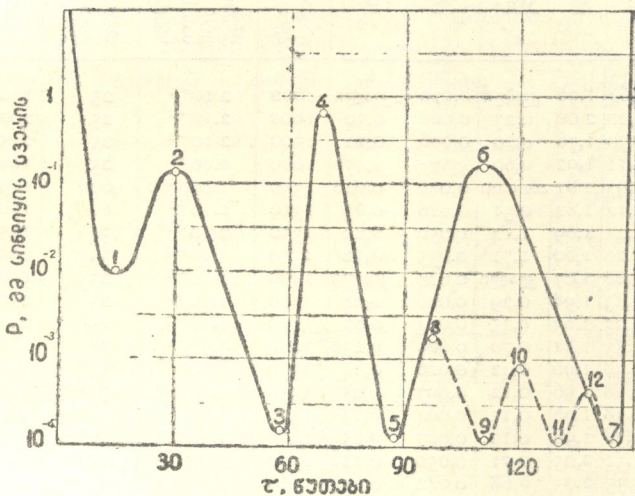
ვაკუუმური დნობების ჩატარების პირობები და ქიმიური ანალიზი მოცემულია მე-2 ცხრილში.



სურ. 1. სარეაქცია შილის კრილი; 1—ზედა სახურავი; 2—3—ქაწი; 4—კვარცის მინა; 5—სპილენძის მილი; 6—ზედა მილტუჩი; 7—კვარცის მილი; 8—მომჭერი; 9—საკიდი; 10—კვარცის მილი; 11—მაგნეზიტის ეკრანი; 12—ტიგელი; 13—ინდუქტორი; 14—მაგნეზიტის სადგური; 15—თითბირის ჩარჩა; 16—კოკილის მოსათავსებელი არე; 17—ალუმინის საყრდენი; 18—ქვედა მილტუჩი; 19—ქვედა სახურავი; 20—გამაცივებელი წყლის მილი; 21—ვაკუუმური რუზინის საფენი; 22—პიცენი; 23—გამაცივებელი წყალი

I, II და III სერიის დნობები ვაწარმოეთ სხვადასხვა მანგანუმიანი თუჯის განვითარებაზე ტემპერატურის გავლენის შესწავლის მიზნით.

დროის ფაქტორის შესასწავლად ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა დნობების IV სერია. გოგირდისა და მანგანუმის შემცველობის შემცირება თხიერი თუჯის ვაკუუმის ქვეშ დაყოვნების ფუნქციაა (სურ. 3). როგორც მე-3 დიაგრამიდან ჩანს, განვითარებისა და განმანგანუმების ეფექტი მნიშვნელოვანია პირველი 26—30 წუთის განმავლობაში.



სურ. 2. დნობის რეჟიმი: 1—დიფუზური ტუმბოს ჩართვა; 2—წნევის მატების ზღვარი დიფუზური ტუმბოს ჩართვისას; 3—მაღალი სიხშირის ინდუქციური ლუმელის წინასწარი ჩართვა; 4—ლუმელის გამორთვა; 5—ლუმელის ჩართვა დნობისათვის; 6—ლუმელის გამორთვა, დნობის დამთავრება; 7—საღნობ არეში ჰაერის შეშვება; 8, 9, 10, 11, 12—ლუმელის ჩართვა-ამორთვის წერტილები საღნობ არეში მუდმივი ტემპერატურის საჭიროების დროს

წნევის შემცირება ატმოსფერულიდან 0,1 მმ სინდიცის სვეტის სიღრმეზე მკვეთრად მოქმედებს გოგირდისა და მანგანუმის აქროლებაზე (სურ. 4, დნობების V სერია).

ცხრილი 1

გამოსავალი თუჯის ნომერი	ქიმიური შედგენილობა %/%-ით				
	C	Si	Mn	S	P
1	2,91	2,00	0,058	0,082	კვალი
2	3,28	2,00	0,85	0,102	0,234
3	3,37	1,70	1,40	0,102	0,216
4	3,37	1,85	2,20	0,078	0,238

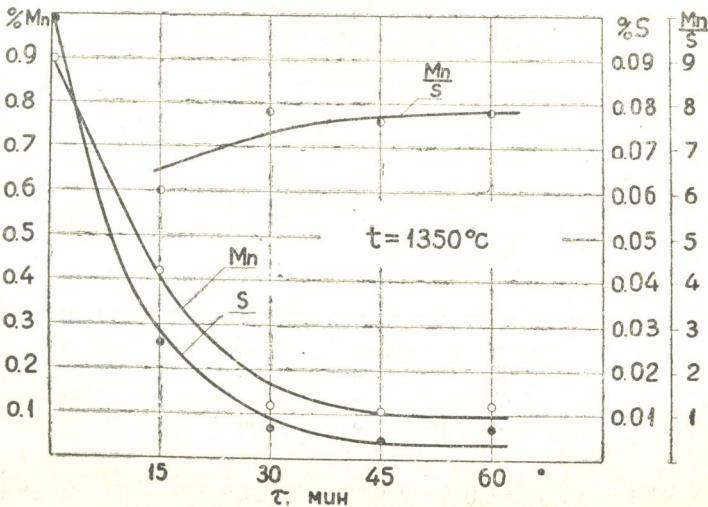
სურ. 3-სა და 4-ზე ნაჩვენებია აქროლებული მანგანუმისა და გოგირდის ფარდობების მრუდები. მრუდების დახრილობა მეტყველებს აქროლებულ მანგანუმსა და გოგირდს შორის საკმაოდ სტაბილურ დამოკიდებულებაზე.

ცხრილი 2

დღობის №	სერის №	განმსვალთ თუ ჯის №	ქიმიური შედგენილობა %/0-ით					გალახურების ტემპერატურა	წნევა თუჯის თბიერი მდგომარეობისას მმ სინდიყის სვეტისა	დაყოვნება ფხიერ მდგომარეობაში წუთობით	ნიმუშის წონა, გრ.	ტიფელის მასალა
			C	Si	Mn	S	P					
1	I	1	2,64	1,96	კვალი	0,020	კვალი	1600	2.10 ⁻²	25	190	მაგნეზიტი
2	I	2	3,00	2,00	0,27	0,008	0,30	1600	2.10 ⁻²	25	200	მაგნეზიტი
3	I	3	2,70	1,78	0,20	0,008	0,22	1600	2.10 ⁻²	25	215	მაგნეზიტი
4	I	4	3,11	1,92	0,60	კვალი	0,176	1600	6.10 ⁻¹	25	180	მაგნეზიტი
5	II	1	3,03	1,81	არ არი	0,020	0,028	1350	1.10 ⁻¹	60	180	მაგნეზიტი
6	II	2	3,14	1,84	0,31	0,016	0,23	1350	2.10 ⁻²	60	190	მაგნეზიტი
7	II	3	3,21	1,69	1,14	0,050	0,23	1350	2.10 ⁻²	35	195	მაგნეზიტი
8	II	4	3,26	1,80	1,71	0,035	0,22	1350	2.10 ⁻²	35	200	მაგნეზიტი
9	III	1	2,88	1,87	კვალი	0,024	კვალი	1400	1.10 ⁻³	25	180	კორუნტი
10	III	2	3,23	1,98	0,29	0,016	0,24	1400	1.10 ⁻³	25	210	კორუნტი
11	III	3	3,23	1,63	0,45	0,014	0,22	1400	1.10 ⁻³	25	210	კორუნტი
12	III	4	3,35	1,81	0,70	0,009	0,236	1400	1.10 ⁻³	25	210	კორუნტი
13	IV	2	3,38	1,96	0,42	0,026	0,24	1350	8.10 ^{-2*}	15**	190	კორუნტი
14	IV	2	3,38	1,96	0,12	0,007	0,25	1350	1.10 ^{2*}	30**	190	კორუნტი
15	IV	2	3,38	1,96	0,11	0,004	0,25	1350	1.10 ^{-4*}	45**	185	კორუნტი
16	IV	2	3,38	1,96	0,12	0,007	0,25	1350	1.10 ^{-4*}	60**	190	კორუნტი
17	V	2	3,31	2,05	0,71	0,050	0,228	1380	25*	15**	200	კორუნტი
18	V	2	3,35	2,05	0,68	0,042	0,234	1380	11*	15**	200	კორუნტი
19	V	2	3,34	2,05	0,57	0,038	0,228	1380	5*	15**	200	კორუნტი
20	V	2	3,29	2,05	0,42	0,016	0,220	1380	1*	15**	200	კორუნტი

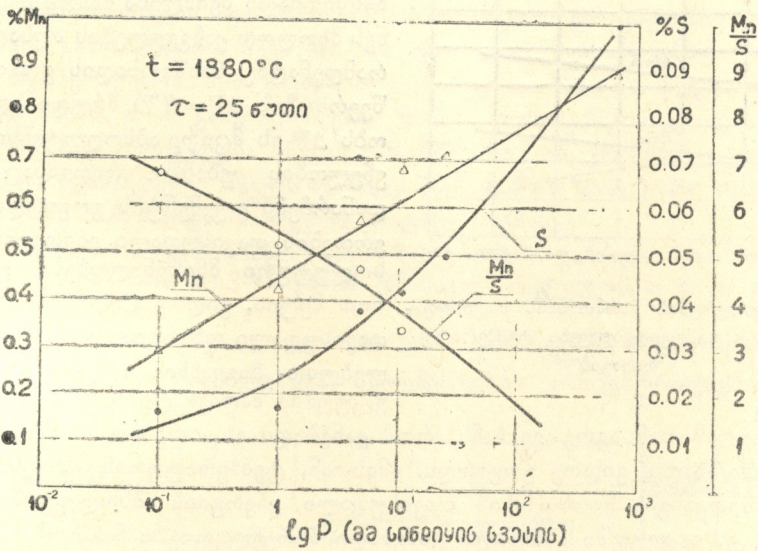
* წნევა მაქსიმალური ტემპერატურის დროს მმ სინდიყის სვეტისა

** დაყოვნება მაქსიმალურ ტემპერატურაზე წუთობით.



სურ. 3. განვადირდება-განმანჯანუმების დამოკიდებულება თხიერი თუჯის ვაკუუმის ქვეშ დაყოვნებისაგან

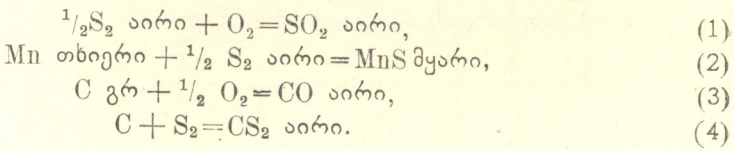
როგორც ცნობილია, შენაერთის წარმოქმნისას ქიმიური ნათესაობის ქვეშეობით კრიტერიუმს წარმოადგენს არა წარმოქმნის თბური ეფექტი, არამედ წარმოქმნის თავისუფალი ენერჯის ცვლილება [4]. თუ ვიანგარიშებთ სხვადასხვა ელემენტების გოგირდთან ურთიერთქმედების რეაქციების თავისუფალი ენერჯების ცვლილებებს ΔF° -ს ჩვეულებრივი პირობებისათვის გამოყვანილი ფორმულებით და გავითვალისწინებთ გაიშვიათებას იმ რეაქციებში, რომლებზედაც გავლენას ახდენს წნევის ცვლილება, საშუალება გვქონება ვიმსჯელოთ ამა თუ იმ ნაერთის ვაკუუმში წარმოქმნისა და არსებობაზე.



სურ. 4. განვითარება-განმანგანუმების დამოკიდებულება ნარჩი წნევისაგან

ზუსტი შედეგების მიღებისთვის აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს თხიერ თუჯში გახსნილი ელემენტების ურთიერთქმედება და აქტიობები, რომლებიც გარკვეულ პირობებში ფრიად მნიშვნელოვან სიდიდებს აღწევენ [5].

თუჯის ვაკუუმის ქვეშ უწილოთ დნობისას შესაძლებელია ადგილი ექნეს სხვადასხვა ელემენტების გოგირდთან ურთიერთქმედების შემდეგ რეაქციებს:



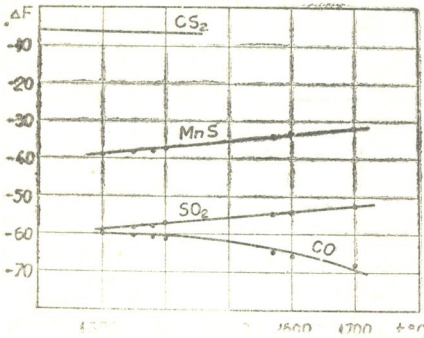
(1), (2) და (3) რეაქციებით ნივთიერებების წარმოქმნის თავისუფალი ენერჯების სიდიდეები ჩვეულებრივ წნევებისა და ჩვენ მიერ ჩატარებული დნობების ტემპერატურებზე ვიანგარიშებულ იქნა შესაბამისად შემდეგი ფორმულებით [6]:

$$\Delta F^\circ = -86525 + 17,25 \text{ კალ.} \quad (1)$$

$$\Delta F^\circ = -69010 + 18,86 \text{ " } \quad (2)$$

$$\Delta F^\circ = -26700 - 20,95 \text{ " } \quad (3)$$

თავისუფალი ენერგიების რიცხვითი მნიშვნელობების საფუძველზე აგებულ იქნა დიაგრამა (სურ. 5). CS₂-ის მრუდი გავლებულ იქნა ლიტერატურიდან [4].



სურ. 5 ნივთიერების წარმოქმნის თავისუფალი ენერგიის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან

ნაერთების წარმოქმნის თავისუფალი ენერგიების მრუდებიდან ჩანს, რომ ნახშირბადი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მხოლოდ ჟანგებულების აღსადგენად, რამდენადაც ნახშირბადის გოგირდთან შეერთების $\Delta F = f(T)$ მრუდი მდებარეობს ΔF -ის მცირე აბსოლუტური მნიშვნელობის უბანში. რადგანაც ყველა დანარჩენი ელემენტის გოგირდთან შეერთების თავისუფალი ენერგიების აბსოლუტური მნიშვნელობები გაცილებით მეტია, ვიდრე CS₂-ის წარმოქმნის თავისუფალი ენერგია, ამიტომ შეუძლებლად მიგვაჩნია CS₂-ის არსებობა ვაკუუმში მალალ ტემპერატურებზე.

დიაგრამიდან აგრე ივე ჩანს, რომ ჟანგბადი გაცილებით ხარბად უერთდება ნახშირბადს, ვიდრე გოგირდს. ამასთან, ტემპერატურის გაზრდით იზრდება ნახშირბადის წარმოქმნის თავისუფალი ენერგიის აბსოლუტური მნიშვნელობა, ე. ი. თუჯში გახსნილი ჟანგბადი პირველ რიგში ნახშირბადს უნდა შეუერთდეს; წნევის შემცირება კი ხელს უწყობს ნახშირბადსა და ჟანგბადს შორის რეაქციის CO-ის წარმოქმნისაკენ გადადგილებას. სწორედ ამითაა გამოწვეული განქანგვის რეაქციაც ვაკუუმში. ამრიგად, ალბათობა SO₂-ის წარმოქმნისა ძალიან მცირეა.

განვიხილოთ ვაკუუმის გავლენა $MnS = Mn + \frac{1}{2} S_2$ რეაქციის წონასწორობაზე. ამ რეაქციით წარმოქმნილი SO₂-ის ტუმბოებით გაწოვის გამო და ე. ი. გამდნარი თუჯის ზედაპირზე გოგირდის პარციალური წნევის შემცირების გამო ადგილი აქვს ამ რეაქციის მარცხნიდან მარჯვნივ გადასაცვლებას. ვიანგარიშით გოგირდის პარციალური წნევის მნიშვნელობა 1300°C-ზე.

$$\lg PS_2 = - \frac{\Delta F^\circ}{4.575}$$

$$\lg PS_2 = \frac{69010}{4,5 + 5.1573} - 4,12 = 5,47,$$

$$PS_2 = 0,738.$$

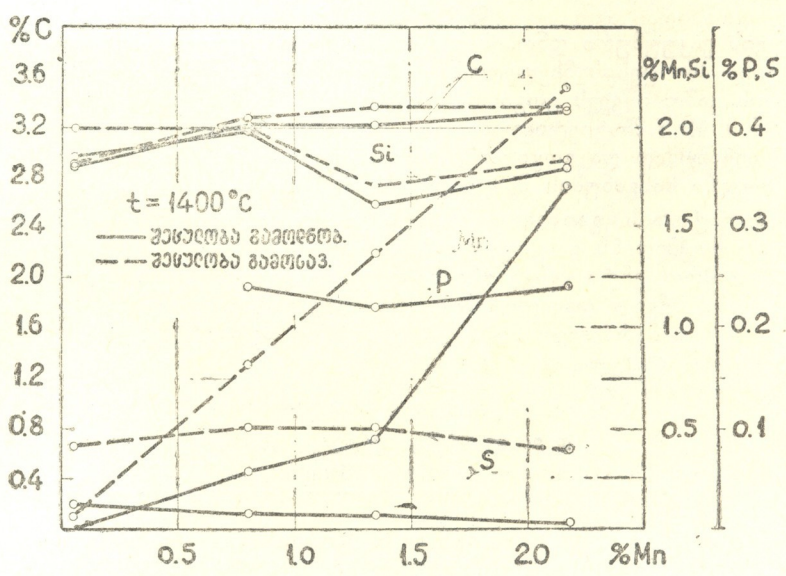
როგორც გოგირდის პარციალური წნევის მნიშვნელობიდან ჩანს, სარეაქციო მილში უკვე 1.10^{-1} მმ სინდიის სვეტის წნევისას იქმნება მანგანუმის

სულფიდის დისოციაციისათვის ხელსაყრელი პირობა. გაიშვიათებისა და ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად კიდევ უფრო იზრდება დისოციაციის ხარისხი.

ჩატარებული ღნობების ტემპერატურულ ზღვრებში თუჯში ნახშირბადის, სილიციუმის, ფოსფორის ჩვეულებრივი რაოდენობით და მანგანუმის გაზრდილი რაოდენობით არსებობისას გოგირდი უმთავრესად იმყოფება MnS-ის სახით, მსუბუქი ხვედრითი წონის MnS მოექცევა გამდნარი თუჯის ზედაპირზე. გაიშვიათების გამო და ე. ი. S₂-ის პარციალური წნევის შემცირების გამო ადგილი აქვს რეაქციის $MnS = Mn + \frac{1}{2}S_2$ მარცხნიდან მანჯვნე მსვლელობას, ხოლო თუჯის ზედაპირიდან დისოციაციის დრეკადობის დიდი მნიშვნელობის გამო ადგილი იქვს Mn-ისა და S₂-ის აორთქლებას. რაც უფრო მეტია ტემპერატურა, მით უფრო ადვილი ხდება MnS-ის თუჯის ზედაპირზე ამოტივტივება, ე. ი. განგოგირდება. MnS-ის დისოციაცია და დისოციაციის პროდუქტების აორთქლება იწვევს ხსნარში MnS-ის კონცენტრაციის შემცირებას. ეს უკანასკნელი იწვევს სწორედ $FeS + Mn = MnS + Fe$ რეაქციის წონასწორობის მარცხნიდან მარჯვნივ გადაადგილებას.

გამოსავალ თუჯში მანგანუმის შეცულობის გაზრდა პროპორციულად ზრდის ამ რეაქციის MnS-ის წარმოქმნისაკენ მსვლელობას, ე. ი. განგოგირდებას.

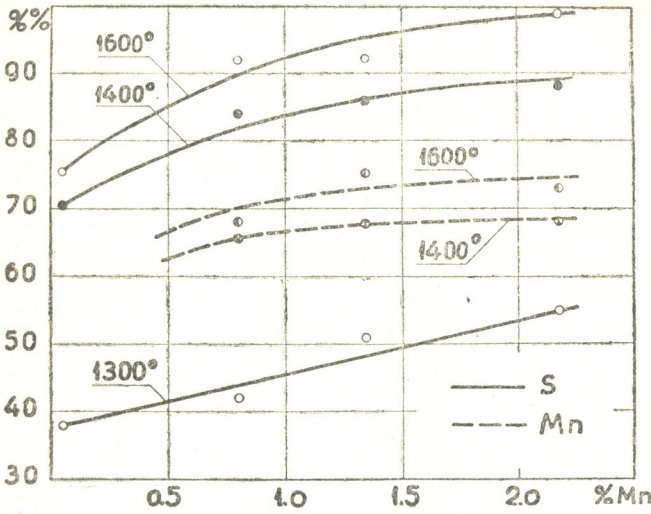
სურ. 6-ზე ნაჩვენებია $1 \cdot 10^{-3}$ მმ სინდიეის სვეტის წნევის ქვეშ თხიერი თუჯის 25 წუთის დაყოვნებისას ელემენტების კონცენტრაციების ცვლი-



სურ. 6. ელემენტთა პროცენტული ცვლილება სხვადასხვა მანგანუმიანი თუჯების ვაკუუმში გადაღობისას

ლება. ნახშირბადის კონცენტრაციის შემცირება გამოწვეულია აირული CO-ის წარმოქმნით, ხოლო სილიციუმის შემცირება შეიძლება აიხსნას აქრო-

ლადი SiO წარმოქმნით. ფოსფორის შემცველობა გამოსავალ და გადამდნარ



სურ. 7. მანგანუმისა და ტემპერატურის გავლენა განვოგირდება-განმანგანუებაზე

ლითონში თითქმის ყველა შემთხვევაში ერთი და იგივე დარჩა. ვაკუუმში დნობისას აღვილი აქვს მანგანუმის აორთქლებას.

აორთქლების ინტენსივობა მატულობს ლითონში მანგანუმის კონცენტრაციის, ე. ი. აქტივობის გაზრდის პროპორციულად.

მკვეთრად დაეცა გოგირდის პროცენტული შემცველობა თუჯებში მანგანუმის პროცენტის გაზრდასთან ერთად. ამასთან მაღალ ტემპერატურებზე გაცილებით სრულად მიდის განვოგირდება, ვიდრე დაბალ ტემპერატურებზე (სურ. 7).

დასკვნა

თუჯის ვაკუუმური დნობისას დეგაზაციასთან ერთად აღვილი აქვს განვოგირდების პროცესის მსვლელობას. ხსნარში მანგანუმის არსებობა MnS-ის წარმოქმნის გამო იწვევს გოგირდის აქტივობის შემცირებას. მსუბუქი ხვედრითი წონის MnS მოტივტივდება რა ლითონის სარკეზე, დისოცირდება აქროლად ნანგანუმად და გოგირდად. ამრიგად, განვოგირდების ეფექტი გადასადნობ თუჯში მანგანუმის შემცველობის ფუნქციაა.

ტემპერატურის, გაიშვიათებისა და ვაკუუმში დაყოვნების ხანგრძლივობა დადებითად მოქმედებს განვოგირდების პროცესზე.

1,5—2 პროცენტი მანგანუმიანი თუჯების ვაკუუმურ დანადგარში 1400°-ზე დამუშავება იწვევს დაახლოვებით 85 პროცენტით განვოგირდებას. ამასთან პროცესის ხანგრძლივობა 25—30 წუთს არ აღემატება.

თბილისის კიროვის სახელობის პოლიტექნიკური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 4.7.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. W. A. Fisher, Th. Cohnen. Archiv d. Eisenhütt. № 11, 12, 1950.
2. А. Н. Самарин и др. Применение вакуума в сталеплавильных процессах. Металлургиздат, 1957.
3. И. Е. Брайнин и С. И. Шаповалов. Влияние вакуума и температуры перегрева на структуру чугуна. Физика металлов и металловедение, т. IV, выпуск 1(10), 1957.
4. В. А. Пазухин и А. Я. Фишер. Вакуум в металлургии. Металлургиздат, 1956.
5. О. А. Есин П. В. Гельд. Физическая химия пирометаллургических процессов, ч. II, Металлургиздат, 1954.
6. С. И. Филиппов П. П. Арсертъев. Экспериментальные работы по теории металлургических процессов. Металлургиздат, 1954.

ლ. ოკლაი და ჯ. ლომსაძე

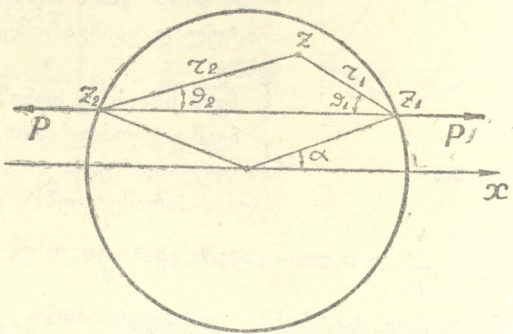
დაცაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევა
ცილინდრის განივად დასმისას

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. თავაძემ 1.10.1958)

ცილინდრული ნამზადის განივად დასმა განივი გლინვისა და ჰედვის დეფორმაციის ძირითად სახეს წარმოადგენს. პირველ შემთხვევაში იგი განუწყვეტლვ მიმდინარეობს, ხოლო მეორეში—ცალკეულ სტადიებად.

დაცაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის დადგენა ცილინდრის განივ დასმისას ლითონების წნევეთი დამუშავების თეორიის ერთ-ერთ რთულ ამოცანას წარმოადგენს. ამავე დროს აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტა საშუალებას მოგვცემს რაციონალურად დავაგვემართო ისეთი ტექნოლოგიური პროცესები, როკორიცაა მრგვალი ძელების განივი ჰედვა, ნამზადთა გაღრუება (უწაკერო მიღების მისაღებად) და რიგი ცვლადი პროფილის განივი გლინვა, რომლებიც ამჟამად ფართოდ ინერგება გლინვის წარმოებაში.

დრეკადობის ფარგლებში ცილინდრზე დიამეტრალურად მოქმედი შეყურსული მკუმშავი ძალების გავლენით ცენტრალურ ზონაში აღძრული ძაბვების დადგენის ამოცანა პირველად (1883 წ.) ჰერცმა [1] წამოაყენა ფერმების საგორავების ანგარიშისათვის.



ნახ. 1

ამ ამოცანის სრული ამოხსნა (დრეკადობის ფარგლებში) მოცემული აქვს აკად. ნ. მუსხელიშვილს ([2], ნახ. 1), რომელსაც განივკვეთის ნებისმიერ წერტილში ნორმალური და მხები ძაბვების საანგარიშოდ

მიღებული აქვს შემდეგი ფორმულები:

$$X_x = \frac{2p}{\pi} \left\{ \frac{\cos^3 \varphi_1}{r_1} + \frac{\cos^3 \varphi_2}{r_2} \right\} - \frac{p}{\pi \cdot r} \cos \alpha$$

$$Y_y = \frac{2p}{\pi} \left\{ \frac{\sin^2 \varphi_1 \cdot \cos \varphi_1}{r_1} + \frac{\sin^2 \varphi_2 \cdot \cos \varphi_2}{r_2} \right\} - \frac{p}{\pi \cdot r} \cos \alpha$$

$$X_y = - \frac{2p}{\pi} \left\{ \frac{\sin \varphi_1 \cdot \cos^2 \varphi_1}{r_1} + \frac{\sin \varphi_2 \cdot \cos^2 \varphi_2}{r_2} \right\}$$

თუ ამ ფორმულებში ჩავსვამთ ჩვენთვის საინტერესო წერტილის (ნამზადის ცენტრი) კოორდინატებს

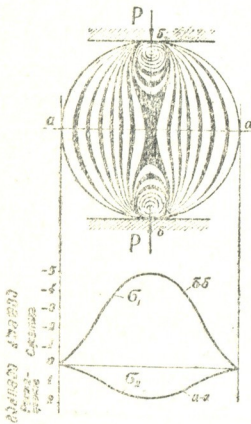
$$\varphi_1 = \varphi_2 = 0; \quad \alpha = 0 \quad \text{და} \quad r_1 = r_2 = R,$$

მივიღებთ

$$Y_y = \sigma_1 = \frac{3p}{\pi R}, \quad X_x = \sigma_2 = -\frac{p}{\pi R} \quad \text{და} \quad X_y = \tau_{xy} = 0,$$

ე. ი. დრეკადობის უბანში ნამზადის ცენტრალურ ნაწილზე მოქმედებენ მკუმ-შავი და გამჭიმავი ძაბვები, რომელთაგანაც პირველი სამჯერ აღემატება მეორეს.

მოყვანილი დამოკიდებულება კარგად მტკიცდება ე. უნქსოვის [3] ექსპერიმენტებით, რომლებსაც იგი ატარებდა ოპტიკურად გამჭვირვალე მოდელის გვერდითად დასმისას (ნახ. 2).



ნახ. 2

ცხადია, პლასტიკური დეფორმაციის რიგი თავისებურების გამო დრეკადობის ფარგლებში მიღებული შედეგების გავრცელება არ შეიძლება პლასტიკურად დეფორმირებულ სხეულზე.

ამავე დროს პლასტიკურობის თეორიის განვითარების თანამედროვე დონე საშუალებას არ გვაძლევს წმინდა თეორიული გზით დავადგინოთ დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა ცილინდრის გვერდითად დასმისას. ამოცანის გადაწყვეტის ერთ-ერთ რეალურ გზას წარმოადგენს დეფორმაციების ექსპერიმენტულად გაანგარიშება და შემდგომ გადასვლა ძაბვებზე.

ჩვენ სწორედ აღნიშნული გზა ავირჩიეთ.

ჩვენ ვაწარმოებდით ტყვიის, სპილენძისა და ალუმინის ცილინდრული ნამზადების გვერდით დასმებს, რომელთა პარამეტრების ფარდობა იყო

$$\frac{l_0}{d_0} \cong 0,20; 0,25; 0,35; 0,50; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0.$$

ნამზადთა ტორსებზე ღერძულ არეში ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით (y და x ღერძების შესაბამისად) დატანილ იქნა წერტილები, რომელთა შორის მანძილი იყო ~ 4 მმ. აღნიშნული ღერძების გასწვრივ დეფორმაციებს ვსაზღვრავდით დატანილ წერტილებს შორის მანძილის ცვლილებით, რომლის გაზომვასაც ვაწარმოებდით ინსტრუმენტალური მიკროსკოპით, სიზუსტით 5μ -მდე.

მესამე ღერძის (z) გასწვრივ დეფორმაციას ვსაზღვრავდით ნიმუშის სიგრძის ცვლილებების მიხედვით.

დასმას ვაწარმოებდით 50 ტ. ჰიდროწნესზე, სიჩქარით 0,25 მმ/სეკ. დეფორმაციების გაზომვას ვახდენდით ყოველი 0,5 მმ მოჭიმვისას, ე. ი. ვიღებდით დამოკიდებულებას დეფორმაციებსა და მოჭიმვებს შორის.

მოცემული სტატიის მოცულობის შეზღუდულობის გამო მოგვყავს დასმის მხოლოდ ერთი ცხრილი (ტყვია $l_0/d_0 = 0,28$).

გაზომვის №	d, მმ	მოკიმივა $\delta = \frac{d_0 - d_y}{d_0} 100,$ %	ელემენტისა და დეფორმაციათა სიდიდეები				
			x მიმართულებით		y მიმართულებით		z მიმართულებით
			მმ	$\epsilon_x, \%$	მმ	$\epsilon_y, \%$	$\epsilon_z, \%$
0	40,000	0,00	4,000	0,00	4,000	0,00	0,00
1	39,660	0,85	4,047	1,15	4,000	0,00	- 1,15
2	39,260	1,85	4,082	2,00	3,977	0,55	- 1,45
3	38,600	3,50	4,120	2,90	3,935	1,66	- 1,24
4	38,000	5,00	4,148	3,62	3,900	2,45	- 1,17
5	36,856	7,86	4,202	4,88	3,820	4,35	- 0,53
6	35,774	10,74	4,248	6,00	3,700	7,24	+ 1,24
7	34,472	13,82	4,312	7,50	3,524	11,22	+ 3,72
8	31,760	20,60	4,600	13,95	2,804	26,15	+ 12,20

მიღებულ დეფორმაციათა მნიშვნელობათა შესაბამისად განესაზღვრეთ შესაბამისი ძაბვები. ამ მიზნით გამოვიყენეთ გენკის [4] დამოკიდებულება:

$$X_x = K\Delta + \frac{2}{3\varphi} \left[\epsilon_{xx} - \frac{\epsilon_{yy} + \epsilon_{zz}}{2} \right],$$

$$Y_y = K\Delta + \frac{2}{3\varphi} \left[\epsilon_{yy} - \frac{\epsilon_{xx} + \epsilon_{zz}}{2} \right],$$

$$Z_z = K\Delta + \frac{2}{3\varphi} \left[\epsilon_{zz} - \frac{\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}}{2} \right].$$

$$Y_x = \frac{1}{2\varphi} \epsilon_{yx}, \quad X_z = \frac{1}{2\varphi} \epsilon_{zx}, \quad X_y = \frac{1}{2\varphi} \epsilon_{xy},$$

სადაც $\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{zz}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{xz}, \epsilon_{yz}$ დეფორმაციების კომპონენტებია, ხოლო $X_x, Y_y, Z_z, X_y, X_z, Y_x$ —ძაბვათა კომპონენტები;

φ ცვლადი სიდიდეა, რომელიც დაკავშირებულია ძვრის მოდულთან და დამოკიდებულია კოორდინატებისაგან $\varphi = f(x, y, z)$;

$$\Delta = \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz};$$

K პლასტიკურ მდგომარეობაში მოცემული მასალისათვის მუდმივი მახასიათებელია.

ჩვენს შემთხვევაში, მოცულობის მუდმივობის პირობის გამო, $\Delta = 0$. ვარდა ამისა, ჩვენ მიერ შერჩეული კოორდინატთა სისტემა წარმოადგენს მთავარ სისტემას, რომლის გასწვრივაც მხები ძაბვები ნულის ტოლია. ეს

ადვილად მტკიცდება მარტივი ექსპერიმენტით (ნახ. 3); 1 მმ სისქის ტყვიის ზოლისაგან მიღებული ცილინდრული ნამზადის განვიად დასმისას x და y ღერძების მიმართულების რადიალური ხაზები არ განიცდიან ტეხას, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ამ ღერძების მიმართ მოქმედი მხები ძაბვები ურთი-



ნახ. 3

ერთს აწონასწორებენ. რაც შეეხება z მიმართულებას, ცხადია, მთავარი ღერძი ემთხვევა ცილინდრის ღერძს.

საბოლოოდ ამოცანა დაიყვანება ძაბვათა სამი კომპონენტის (X_x , Y_y და Z_z) განსაზღვრაზე, ცნობილი დეფორმაციათა კომპონენტების (ϵ_{xx} , ϵ_{yy} და ϵ_{zz}) მიხედვით. შემოაღნიშნული წესით განსაზღვრულ ძაბვათა სიდიდეები სხვადასხვა მო-

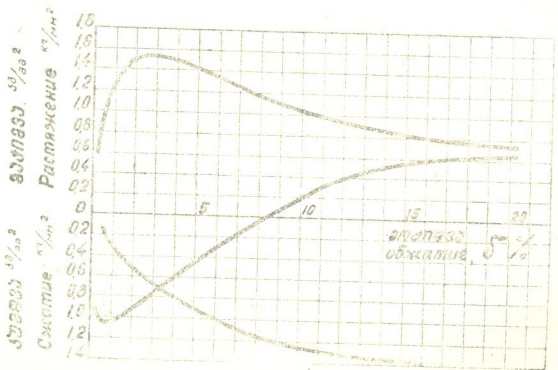
ქიმივის მიხედვით მოცემულია გრაფიკულად (ნახ. 4).

ყოველ წერტილში ძაბვების მნიშვნელობები შემოწმებულ იქნა პლასტიკურობის განტოლებით:

$$(x_x - y_y)^2 + (y_y - z_z)^2 + (z_z - x_x)^2 = 2\sigma_s^2$$

მაქსიმალური გადახრა, დაახლოებით 10%, მიღებულ იქნა ორ წერტილში, ხოლო დანარჩენ წერტილებში პლასტიკურობის განტოლება თითქმის ზუსტად იყო დაკმაყოფილებული.

როგორც მრუდებიდან ჩანს (ნახ. 4), მცირე დეფორმაციის უბანში (დაახლოებით 3 — 4 % მოჭიმვისას) x ღერძის გასწვრივ მოქმედი ძაბვა გაცილებით აღემატება y ღერძის გასწვრივ ძაბვას. მაშასადამე, პლასტიკური დეფორმაციის შემთხვევაში (განსხვავებით დრეკადისა) გამჭიმავი ძაბვის სიდიდე საგრძნობლად აღემატება y ღერძის გასწვრივ ძაბვას, რომელიც მცირე მოჭიმვების შემთხვევაში უმნიშვნე-



ნახ. 4

წელოა და არავეითარი ვადამწყვეტი როლის შესრულება არ შეუძლია, მიუხედავად იმისა, რომ უმეტეს ცენტრალური ზონის დანგრევა.

ღერძის გასწვრივ ძაბვა მცირე მოჭიმვების ფარგლებში აგრეთვე მკუმე შევია (ანგარიშის მიხედვით). მაგრამ დამტკიცებულია, რომ ცილინდრის განივი დეფორმაციის პრაქტიკულ პროცესებში, ლითონის დენადობის გამო, აღნიშნული ძაბვა ყოველთვის გამჭიმავია.

დღემდე გამოქვეყნებული შრომების [5, 6, 7] საფუძველზე მიღებული იყო, რომ განივი ჭედვისა და გლინვის შემთხვევაში ნამზადის ცენტრალური ზონის ნგრევა ხდება ყოველმხრივ გამჭიმავი დაძაბულობის საფუძველზე. მაგრამ, როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, ყ ღერძის გასწვრივ ძაბვა არაგამჭიმავია და თავისი სიდიდით მეტად უმნიშვნელოა. ამრიგად, ცილინდრის განივი დეფორმაციისას მის ცენტრალურ არეში სიღრუის წარმოქმნის მექანიზმი ახალ ახსნას მოითხოვს.

დასკვნა

ცილინდრული ნამზადის გვერდითად დასმისას დეფორმაციების გამოკვლევამ და ძაბვათა ანგარიშმა ავტორებს საშუალება მისცა დაესკვნათ, რომ ნამზადის ცენტრალური ნაწილის ნგრევის მიზეზს ღერძული და გარეშე ძაბვის მოქმედების მართობულ სიბრტყეში მოქმედი გამჭიმავი ძაბვები წარმოადგენს. ნგრევას წინ უსწრებს მცირეოდენი პლასტიკური დეფორმაცია, რომელიც ამცირებს ლითონის ნგრევისადმი წინააღმდეგობას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

მეტალურგიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 6.10.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. и Г. Ф е п п л ь. Сила и деформация. Прикладная теория упругости, т. I, ГТТИ, 1933.
2. Н. И. М у с х е л и ш в и л и. Некоторые основные задачи математической теории упругости. АН СССР, М.—Л., 1949.
3. Е. П. У н к с о в. Инженерные методы расчета при обработке металлов давлением. Машгиз, 1955.
4. Л. С. Л е й б е н з о в. Курс теории упругости. Гостехиздат, 1948.
5. В. С. С м и р н о в. Поперечная прокатка. Машгиз, 1948.
6. И. А. Е ф и м о в. Труды ЛПИ им. Калинина, № 185, Машгиз, 1956.
7. В. С. С м и р н о в. Поперечная прокатка в машиностроении. Машгиз, 1957.



მეტეოროზა

ა. ბედენიძე

წაბლის ამონაყრითი განახლება

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. გულისაშვილმა 15.12.1958)

წაბლს ახასიათებს ამონაყრითი განახლების დიდი უნარი, რაც მას ახალგაზრდობიდანვე უვითარდება. იგი ამ თვისებას სიბერემდე ინარჩუნებს.

ნ. ვეზოვი [1] აღნიშნავს, რომ წაბლის ძირკვები უზვედ იფარება ამონაყრით. ა. ასოსკოვის მონაცემებით [3], წაბლის ძირკვების 80—90% საკმაოდ უხვ ამონაყარს იძლევა.

ლიტერატურაში ცნობილია, რომ წაბლი მრავლდება ტოტების გადაწვენით [3], აგრეთვე იძლევა ფესვის ნაბარტყსაც [6]. ზემოაღნიშნული ფაქტი წაბლის ვეგეტაციური გამრავლების დიდ უნარზე მიგვიჩივებს.

წაბლს ამონაყრის სხვადასხვაგვარი უნარი აქვს. ეს ცვალებადობა დამოკიდებულია: ხის ხნოვანებაზე, ბონიტეტზე, ძირკვის სიმაღლეზე, ტყის ტიპზე, წაბლის ხის დაავადებაზე და სხვა.

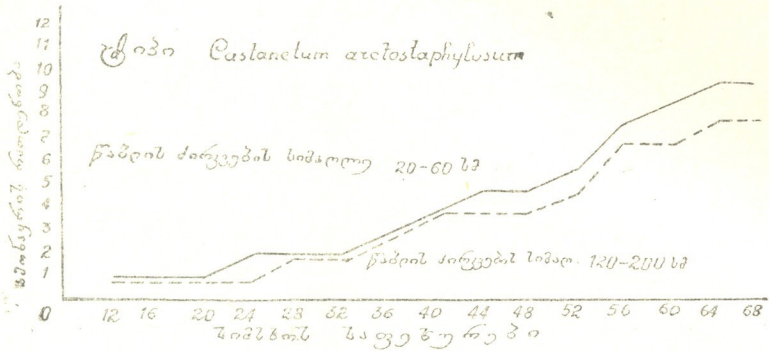
18—20 წლის ტყეაფზე წაბლნარებში მოცვის ქვეტყით ამონაყრის უნარიანობაზე ძირკვის სიმაღლის გავლენის დადგენის მიზნით შესწავლილ იქნა 15 მაღალი (120—200 სმ სიმაღლისა) და 15 დაბალი (20—60 სმ სიმაღლის) წაბლის ძირკვები. გამოირკვა, რომ მაღალ ძირკვებს ამონაყარი უვითარდებათ ზედა ნაწილში (120—180 სმ.), ხოლო დაბალი ძირკვები ამონაყრით იფარება ფესვის ყელთან. დაბალ ძირკვებზე ამონაყარი უფრო მძლავრი და რაოდენობრივად მეტი აღმოჩნდა, ვიდრე მაღალ ძირკვებზე (იხ. დიაგრამა ნახ. 1-ზე). დაბალ ძირკვებზე ამონაყრის სიმაღლე 16—18 მ-ია, დიამეტრი კი — 20—24 სმ. ამონაყარი საღია. მაღალ ძირკვებზე იმავე ხნოვანებაში ამონაყრის სიმაღლე მხოლოდ 16 მ-ს აღწევს, დიამეტრი — 14—16 სმ-ს. ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ მაღალ ძირკვზე 54 ამონაყრიდან 12% სიღამპლით ხასიათდება.

წაბლნარებში შქერისა და წყავის ქვეტყით 18—20 წლის ტყეაფზე 22 დაბალი და 26 მაღალი წაბლის ძირკვების შესწავლისას აღმოჩნდა შებრუნებული სურათი (იხ. ნახ. 2 და ნახ. 3). ზემოაღნიშნულ ტყის ტიპებში მაღალ ძირკვებზე მეტი ამონაყარი აღმოჩნდა, ვიდრე დაბალზე. შქერის ქვეტყიან წაბლნარებში ძირკვებზე 39 ამონაყრიდან 22% დაზიანებული აღმოჩნდა სიღამპლით, წყავის ქვეტყიან წაბლნარებში ძირკვებზე 36 ამონაყრიდან 23% ხასიათდებოდა სიღამპლით, აღნიშნული მოვლენა დაბალ ძირკვებზე არ შეგვიინიშნავს.

— რატომ უვითარდებათ მაღალ ძირკვებს ამონაყარი მათს ზედა ნაწილში და რა არი მიზეზი ამონაყრის ლობობით დაზიანებისა?

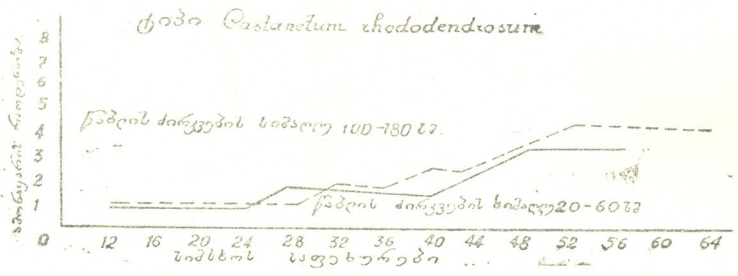
უნდა ვიგულისხმობთ, რომ მაღალი ძირკვის ზედა ნაწილი განიცდის მეტ განათებას, რის გამო მძინარე კვირტები ძირკვის ამ ნაწილში უფრო ადრე იძლევიან ნაზარდს, ვიდრე მის ქვედა ნაწილში. მარადმწვანე ქვეტყიან წაბლნარებში მაღალ ძირკვებზე ამონაყრის მეტი რაოდენობა შეიძლება აიხსნას ამ ძირკვების ზედა ნაწილის უკეთესად განათებით, ხოლო დაბალ ძირკვებზე ამონაყრის უმრავლესობა ძლიერი დაჩრდილის გამო იღუპება.

ამონაყრის სიღამპლით დაზიანების შესახებ ს. სოკოლოვი [5] აღნიშნავს რომ წაბლის ამონაყარი ზაფხულის პერიოდში სინათლის არასაკმარის რა-



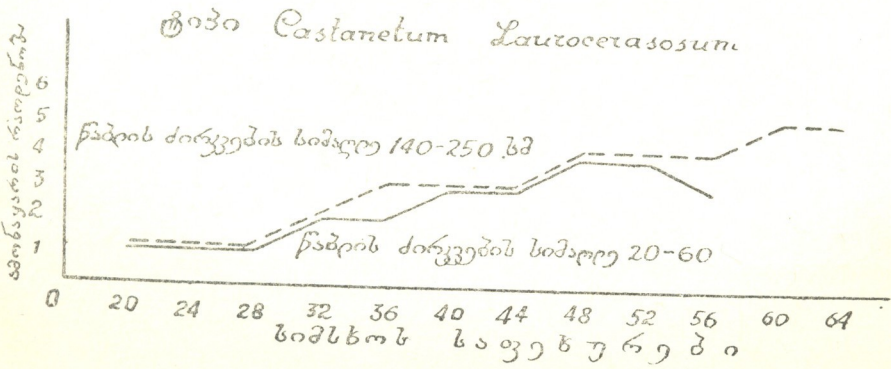
ნახ. 1

ოდენობის გამო ვერ ასწრებს გამერქნებას და ზამთარში ყინვებისაგან იღუპება. მოყინული ყლორტებიდან იჭრება ინფექცია, რომელიც შემდგომ გადადის ღეროს მერქნის ნაწილში და იწვევს სიღამპლს.



ნახ. 2

ს. სოკოლოვის მიერ მითითებული გზის გარდა, ამონაყრის მერქნის დაზიანება სიღამპლით მიმდინარეობს შემდეგნაირადაც: მაღალ ძირვეზე წარმოქმნილი ამონაყარი უშუალოდ ვერ ფესვიანდება. იგი ძირითადად დამოკიდებულია



ნახ. 3

ძირკვის ფესვებზე. დროთა ვითარებაში ძირკვის ზედა ნაწილი იწყებს ლობობას, ზაიდანაც სიღამაზე იჭრება ამონაყრის მერქნის ნაწილშიც.

დადგენილია, რომ დაბალ ძირკვებზე ფესვის ყელთან არსებული ამონაყარი ადვილად ფესვიანდება და დროთა ვითარებაში იგი შესაძლებელია დაცილდეს ძირკვს; ამგვარი ამონაყარი გაცილებით გამძლეა სიღამაში დაზიანების მიმართ. აღნიშნული მდგომარეობა მეტად საყურადღებოა სატყეო მეურნეობისათვის.

ამონაყრით უნარიანობაზე ბონიტეტის გავლენის დადგენის მიზნით ჩვენ შევისწავლეთ წაბლის 16 ძირკვი I ბონიტეტის ნიადაგებზე და 16 წაბლის ძირკვი IV ბონიტეტის ნიადაგებზე. ზემოაღნიშნული საკითხი ისწავლებოდა სხვადასხვა დროს მოჭრილ წაბლის ძირკვებზე (1 წლის, 3 წლის, 5 წლისა და 10 წლის წინათ მოჭრილი ძირკვები).

ცხრილი 1

ნიადაგის ბონიტეტის გავლენა წაბლის ამონაყრის უნარიანობაზე

ბონიტეტი	ძირკვის D სმ-ით	რამდენი ხნის მოჭრილია ხე	ამონაყარის რაოდენობა	ბონიტეტი	ძირკვის D სმ-ით	რამდენი ხნის მოჭრილია ხე	ამონაყარის რაოდენობა ცალობით
I	40	1 წ.	86	IV	40	1 წ.	304
I	44	1 წ.	109	IV	44	1 წ.	305
I	48	1 წ.	135	IV	48	1 წ.	314
I	52	1 წ.	204	IV	52	1 წ.	323
I	40	3 წ.	18	IV	40	3 წ.	35
I	44	3 წ.	21	IV	44	3 წ.	36
I	48	3 წ.	26	IV	48	3 წ.	37
I	52	3 წ.	34	IV	52	3 წ.	49
I	40	5 წ.	12	IV	40	5 წ.	24
I	44	5 წ.	12	IV	44	5 წ.	27
I	48	5 წ.	17	IV	48	5 წ.	21
I	52	5 წ.	22	IV	52	5 წ.	33
I	40	10 წ.	6	IV	40	10 წ.	10
I	44	10 წ.	8	IV	44	10 წ.	12
I	48	10 წ.	8	IV	48	10 წ.	13
I	52	10 წ.	12	IV	52	10 წ.	18

1 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ დაბალი წარმადობის IV ბონიტეტის ნიადაგებზე წაბლის ძირკვები ხასიათდებიან ამონაყრის მეტი უნარით, ვიდრე წაბლის ძირკვები მაღალი წარმადობის I ბონიტეტის ნიადაგებზე. როგორც ჩანს, წაბლნარებს ეს თვისება გამომუშავებული აქვთ სახის შენარჩუნების მიზნით ადგილსამყოფელოსა და გარემო პირობების გაუარესებასთან დაკავშირებით.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოაღნიშნულ ორივე შემთხვევაში წაბლის ამონაყრის ხსოვანების ზრდასთან ერთად მიმდინარეობს მათი ინტენსიური თვითგამოხშირვა და 10 წლის შემდეგ ამონაყრის რაოდენობა 40 სმ-ის დიამეტრის ძირკვზე არ აღემატება 6 ცალს I ბონიტეტის ნიადაგებზე და 10 ცალს IV ბონიტეტის ნიადაგებზე.

წაბლის ძირკვების ამონაყარი I ბონიტეტის ნიადაგებზე ყველა შემთხვევაში ხასიათდება უფრო ძლიერი ზრდით როგორც სიმაღლეში, ისე დიამეტრზე.

IV ბონიტეტის ნიადაგებზე წაბლის ძირკვის ამონაყარი რამდენადმე ჩამორჩება, როგორც დიამეტრში, ისე სიმაღლეზე ზრდაში.

ცხრილი 2
ამონაყრის საშუალო დიამეტრი და სიმაღლე I ბონიტეტის ნიადაგებზე

№№ რიგზე	ბონიტეტი	ძირკვის D სმ-ით	წაბლის ამონაყრის D სმ-ით და სიმაღლე მ-ით ხნოვანებასთან დაკავშირებით							
			1 წლის		3 წლის		5 წლის		10 წლის	
			D	H	D	H	D	H	D	H
1	I	40	1,8	1,65	2,4	2,76	3,8	4,95	10,2	9,3
2	I	40	1,6	1,56	2,6	2,80	3,6	4,66	9,6	9,0
3	I	40	1,6	1,60	2,2	2,38	3,6	4,75	9,4	8,9
4	I	40	1,4	1,40	2,2	2,30	3,4	4,70	9,4	8,8

ცხრილი 3
ამონაყრის საშუალო დიამეტრი და სიმაღლე IV ბონიტეტის ნიადაგებზე

№ № რიგ.	ბონიტეტი	ძირკვის D სმ-ით	წაბლის ამონაყრის D სმ-ით და სიმაღლე მ-ით ხნოვანებასთან დაკავშირებით							
			1 წლის		3 წლის		5 წლის		10 წლის	
			D	H	D	H	D	H	D	H
1	IV	40	0,8	0,84	2,0	2,44	3,0	3,10	8,0	6,00
2	IV	40	1,0	0,92	2,2	2,40	3,2	3,50	8,0	6,00
3	IV	40	0,8	0,68	2,0	2,00	3,0	3,20	8,2	5,80
4	IV	40	0,6	0,66	2,2	2,00	3,0	3,26	8,0	5,38

წაბლის ძირკვის დიამეტრისა და ხნოვანების ზრდასთან ერთად იზრდება წაბლის ამონაყრის რაოდენობაც, თუმცა უნდა აღინიშნოს ის დამახასიათებელი ნიშანთვისებაც, რომ ხის ან ძირკვის ხნოვანების ზრდასთან ერთად ყოველთვის კი არ იზრდება ამონაყრის მოცემის უნარი, არამედ, პირიქით, ხის მობერებასთან ერთად მცირდება ამონაყრის რაოდენობაც და საბოლოოდ ღრმა სიბერეში ხე ან ძირკვი კარგავს ამონაყრის მოცემის უნარს.

საილუსტრაციოდ მოგვეყავს ერთწლიან ტყეკაფუზე მიღებული მონაცემები. (იხ. მე-4 ცხრილი).

ცხრილი 4
წაბლის ამონაყრითი განახლება ძირკვის ხნოვანებასთან დაკავშირებით

№№ რიგ.	ბონიტეტი	ძირკვის ხნოვანება	ამონაყრის რაოდენობა ცალობით	ამონაყრის საშუალო სიმაღლე სმ-ით	№№ რიგ.	ბონიტეტი	ძირკვის ხნოვანება	ამონაყრის რაოდენობა კ ალობით	ამონაყრის საშუალო სიმაღლე სმ-ით
1	I	154	235	58	6	III	195	156	22
2	I	168	194	52	6	III	196	125	18
3	II	164	255	50	7	IV	238	108	4
4	II	180	105	36	8	IV	247	—	—

აკად. ვ. გულისაშვილი [2] აღნიშნავს, რომ წაბლი ამონაყარს იძლევა 150 წლამდე. ჩვენი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ წაბლი ამონაყრის

მოცემის უნარს ინარჩუნებს 238 წლის ხნოვანებაშიც კი, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ კარგი წლიური შემატებით ხასიათდებოდა წაბლის ამონაყარი 154—168 წლის ძირკვეებზე, ამათზე ხნირ ძირკვეებზე (II, III, IV ბონიტეტი) წლიური შემატება მკვეთრად ეცემა და 238 წლის ხნოვანებაში (IV ბონიტეტი) ამონაყრის საშუალო წლიური შემატება 4 სმ-ს არ აღემატება. ამონაყარი ასეთ ძირკვეებზე სუსტია, ხასიათდება ფოთლების მოყვითალო შეფერილობითა და მათი უმრავლესობა ხმობის სხვადასხვა სტადიაშია.

უნდა აღინიშნოს, რომ 100 წელზე მეტი ხნოვანების წაბლნარ კორომებში გვხვდება ფაუტი და ფულუროიანი ხეები. კორომის ხნოვანების მატებასთან ერთად ამ უკანასკნელთა რიცხვიც მატულობს. ამგვარი ძირკვის ამონაყარი ჩქარა ზიანდება სიღამპლით, ხოლო ამონაყრის მოცემის უნარი რამდენადმე სუსტდება და ბოლოს სრულიად ეკარგება კიდევ. ამის გამო მათ მცირე სამეურნეო მნიშვნელობა აქვთ.

როგორც ჩანს, წაბლს ამონაყრის უნარი მათი ხნოვანების ზრდასთან დაკავშირებით ერთბაშად კი არ უქრება, არამედ თანდათანობით. ამ შემთხვევაში დაახლოებით ისეთივე კანონზომიერება აშკარავდება, როგორც მუხებს ახასიათებს [4].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე დაბლარი მეურნეობის წარმოებისას წაბლნარები უნდა მოიჭრას მაშინ, როდესაც ჯერ კიდევ სრულიად საღია და შეუჭლია მოგვეცეს ნორმალური ამონაყარი. ეს პერიოდი წაბლნარებს 70—95 წლების ხნოვანებაში უდგებათ.

ძირკვეზე ამონაყრის ხნოვანებით აღნაგობის დადგენის მიზნით ჩვენ მიერ შესწავლილი იყო წაბლის 20 ძირკვი სხვადასხვა ბონიტეტის ნიადაგზე (15—20 წლის წინ მოჭრილი ტყეკაფები) შეძლებისდაგვარად ვარჩევლით ერთნაირი დიამეტრის ძირკვეებს (იხ. მე-5 ცხრილი).

ცხრილი 5

წაბლის ძირკვეზე ნაიხნოვანი ამონაყრის რაოდენობა ბონიტეტის მიხედვით

№№ რიგ.	ბონიტეტი	ძირკვის D სმ-ით	ამონაყრის რაოდენობა წაბლის ძირკვეზე წლოვანობის მიხედვით			
			1—2	3—5	10—15	15—20
1	I	40	—	8	3	—
2	I	44	—	11	3	—
3	I	48	6	11	4	—
4	I	52	8	12	4	—
5	I	56	—	12	4	—
6	II	40	8	8	3	—
7	II	44	—	12	3	—
8	II	48	—	14	4	—
9	II	52	15	14	4	—
10	II	56	8	16	5	—
11	III	40	—	12	4	—
12	III	44	—	12	4	1
13	III	48	11	15	3	1
14	III	52	15	20	5	2
15	III	56	21	28	4	3
16	IV	40	35	15	6	1
17	IV	44	38	17	5	2
18	IV	48	45	18	5	2
19	V	44	48	27	6	1
20	V	46	54	28	6	4



მე-5 ცხრილიდან ჩანს, რომ ხელსაყრელ პირობებში (I და II ბონიტეტის წიაღაგებები) წაბლის ძირკვი ამონაყრის უნარს 8—10 წლის განმავლობაში ინარჩუნებს. თუ ამონაყრით წაბლნარებში ხნოვანების ერთ კლასად მივიღებთ 10 წელს, მაშინ წაბლის ძირკვებს I და II ბონიტეტის წიაღაგებზე უფეთარდებათ ამონაყარი ხნოვანების ერთი კლასის ფარგლებში. III, IV და V ბონიტეტის წიაღაგებზე კი წაბლის ძირკვი ამონაყარს იძლევა გაცილებით მეტი ხნის განმავლობაში, ხშირად 15—18, იშვიათად 20 წლამდე მოჭრის შემდეგ, ე. ი. ამონაყარის ხნოვანების ერთი კლასის ფარგლებს სცილდება, ამრიგად წაბლის ძირკვებზე ადგილსამყოფელს არახელსაყრელ პირობებში წარმოიშობა ნაირხნოვანი ამონაყარი.

წაბლის ძირკვების ეს თვისება მთიანი რელიეფის პირობებში ძალიან მნიშვნელოვანია ტყის წიაღაგდაცვითი და წყალშემნახი ფუნქციების თვალსაზრისით.

ამონაყარზე ძირკვის დიამეტრის და ხნოვანების გავლენის დადგენის მიზნით ერთწლიან ტყეკაფზე გაანალიზებულ იქნა სხვადასხვა ბონიტეტის წიაღაგებზე 24 წაბლის ძირკვი. ამათგან 12 ძირკვი სხვადასხვა დიამეტრისა და ერთხნოვანია, მეორე ნახევარი (12 ძირკვი) სხვადასხვა ხნოვანებისაა, მაგრამ ერთისა და იმავე ზომის დიამეტრი აქვთ.

ცხრილი 6

ძირკვის ხნოვანებისა და სიმსხოს გავლენა ამონაყარზე სხვადასხვაგვარი ბონიტეტის პირობებში

№№ რიგ.	ძირკვის ხნოვანება	ბონიტეტი	ძირკვის D სმ-ით	ამონაყრის რაოდენობა წაბლის ძირკვზე ერთი წლის ტყეკაფზე		№№ რიგ.	ძირკვის ხნოვანება	ბონიტეტი	ძირკვის D სმ-ით	ამონაყრის რაოდენობა წაბლის ძირკვზე ერთი წლის ტყეკაფზე
				წაბლის ძირკვზე ერთი წლის ტყეკაფზე	წაბლის ძირკვზე ერთი წლის ტყეკაფზე					
1	84	IV	38	166	13	155	IV	40	321	
2	83	IV	36	125	14	123	IV	40	303	
3	78	IV	30	100	15	101	IV	40	280	
4	78	III	38	194	16	97	III	40	214	
5	76	III	36	160	17	91	III	40	198	
6	76	III	34	133	18	84	III	40	183	
7	75	II	40	166	19	75	II	40	139	
8	72	II	36	102	20	69	II	40	128	
9	70	II	36	120	21	61	II	40	115	
10	68	I	44	165	22	59	I	40	102	
11	65	I	42	160	23	58	I	40	89	
12	64	I	40	135	24	56	I	40	80	

მე-6 ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ერთხნოვანი მაგრამ სხვადასხვა დიამეტრის წაბლის ძირკვები ამჟღავნებენ ამონაყრის მოცემის სხვადასხვა უნარს. ეს მოვლენა უფრო მკვეთრად მჟღავნდება ერთნაირი დიამეტრის სხვადასხვა ხნოვანების წაბლის ძირკვებზე; ასე, მაგალითად: 40 სმ-ის დიამეტრის მქონე წაბლის ძირკვმა 155 წლის ხნოვანებაში (IV ბონიტეტი) მოგვცა 321 ზრდაში ჩამორჩენილი ერთწლიანი ამონაყარი, იმ დროს, როცა 40 სმ-ის დიამეტრის მქონე წაბლის ძირკვმა 56 წლის ხნოვანებაში (I ბონიტეტი) მოგვცა 80 მძლავრი ერთწლიანი ამონაყარი.

განალიზებული მასალიდან შესაძლებელია მივიღეთ დასკვნამდე, რომ ერთნაირი დიამეტრის ძირკვები მაღალ ხნოვანებაში (155 წელი) ხასიათდებიან

უფრო მეტი ამონაყრის მოცემის უნარიანობით, ვიდრე იმავე დიამეტრის, მაგრამ უფრო ახალგაზრდა ძირკვები (56 წელი).

ერთხნოვან ძირკვებში ამონაყრის მოცემის მეტი უნარიანობით ხასიათდებიან უფრო დიდი დიამეტრის ძირკვები, ვიდრე მცირე ზომის ძირკვები. ამ შემთხვევაში ალბათ ნიადაგის ბონიტეტსაც არანაკლები როლი მიეკუთვნება.

წაბლის დამახასიათებელ თვისებად ჩაითვლება აგრეთვე ისიც, რომ მის ძირკვს გააჩნია უნარი მოგვეცეს ამონაყრის განმეორებითი თაობა. ამგვარი ძირკვები ნაპოვნი იქნა ტყებულის ნაკრძალებში და კოდორის ხეობაზე. პირველ შემთხვევაში წაბლის ძირკვზე იზრდებოდა მე-3 თაობა. მეორე ძირკვზე იზრდებოდა ამონაყრის მე-5 თაობა.

ვ. გულისამვილის მითითება იმის შესახებ, რომ წაბლის ძირკვს აქვს უნარი მოგვეცეს 3—5 ამონაყრითი თაობა დასტურდება ჩვენი მონაცემებითაც.

დასკვნა

1. წაბლი დაბალ ძირკვებზე უფრო მეტ ამონაყარს ინვითარებს, ვიდრე მაღალზე, გამონაკლისს წარმოადგენს წაბლნარები ხშირი მარადმწვანე ქვეტყით.

2. დაბალ ძირკვებზე მზარდი წაბლის ამონაყარი მოქცეული მარადმწვანე ქვეტყის ქვეშ ჩქარავე იღუბება შქერის ან წყავის ტოტებისაგან ძლიერი დაჩრდილვის გამო. წაბლის მაღალი ძირკვები უმთავრესად ამონაყარს იძლევა მის ზედა ნაწილში, რის გამო ისინი ნაკლებად განიცდიან დაჩრდილვას და აგრეთვე მარადმწვანე ქვეტყის კონკურენციასაც. ამით აიხსნება მაღალ ძირკვებზე ამონაყრის მეტი რაოდენობა წაბლნარებში მარადმწვანე ქვეტყით.

3. I და II ბონიტეტის ნიადაგებზე არსებული წაბლის ძირკვები ხასიათდებიან მძლავრი ამონაყრით, მაგრამ მათი რაოდენობა გაცილებით ნაკლებია IV ბონიტეტის ნიადაგებზე არსებულ იმავე ზომის ან ხნოვანების ძირკვის ამონაყრის რაოდენობაზე. ცუდი ადგილსამყოფელს პირობებში (IV ბონიტეტი) პირუკუ სურათი ვლინდება.

4. ოპტიმალურ პირობებში (I და II ბონიტეტის ნიადაგები) არსებული წაბლის ძირკვები ამონაყარს იძლევიან მოჭრიდან 8—10 წლის განმავლობაში, ე. ი. ამონაყრის ხნოვანება განისაზღვრება ერთი კლასის ხნოვანების ფარგლებში. ადგილსამყოფელს გაუარესებულ პირობებში კი (IV ბონიტეტის ნიადაგებში) წაბლი ძირკვის ამონაყრის მოცემის უნარს უფრო მეტხანს ინარჩუნებს, ხშირად მოჭრის შემდეგ 15—18, იშვიათად 20 წლამდე, ამ შემთხვევაში ამონაყრის ხნოვანება ორი კლასის ფარგლებშია მოქცეული.

5. სხვადასხვა დიამეტრის ერთხნოვან წაბლის ძირკვებს ამონაყრის მოცემის უნარი სხვადასხვაგვარი აქვთ. ძირკვებზე, რომლებიც ნაკლები შემატებით ხასიათდებოდნენ აღმოჩნდა რაოდენობრივად მეტი ამონაყარი, ვიდრე ძირკვებზე, რომლებიც მეტი შემატებით ხასიათდებოდნენ. სხვადასხვა ხნოვანების ერთნაირი დიამეტრის ძირკვებზე მაღალი ამონაყრის უნარიანობით ხასიათდებოდა ხნიერი ძირკვები (155 წლამდე).

6. წაბლის ძირკვს გააჩნია უნარი მოგვეცეს 3—5 ან მეტიც სრულიად საღი ამონაყრითი თაობა.

7. დაბალ ძირკვებზე ამონაყარი თანდათანობით ფესვიანდება და შემდგომში, როგორც ეტყობა, გამოეყოფა ძირკვის ფესვთა სისტემიდან. ეს თავისებურება წაბლის ამონაყარს სიღამბლის მიმართ უფრო მეტ გამძლეობას მატებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 სატყვეო ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.12.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ნ. ვეხოვი. ბუჩქნარი და მერქნიან მცენარეთა ვეგეტატიური გამრავლება. თბილისი, 1936.
2. გ. გულისაშვილი. ზოგადი მეტყეობა. თბილისი, 1957.
3. А. И. Асосков. Почвы лесов, лесоводственные свойства и культуры древесных пород Сочинского района. Труды исслед. по лесн. хоз-ву и лесн. промышл. вып. 14, 1931.
4. Л. Б. Махатадзе. Дубравы Армении. Изд. Бот. Инстит. АН Армянской ССР. Ереван, 1957.
5. С. Я. Соколов. Каштан—Растительное сырье. Труды Бот. Инстит. им. В. Л. Комарова АН СССР, серия V, вып. 3, 1952.
6. Е. Д. Харюзова. Каштан. Труды по прикл. ген. и селекции, т. VIII, № 3, 1934.

ზოოლოგია

თ. როდონია და ბ. ენუქიძე

ზოზიერთი მონაცემი საქართველოში ტრიქინელოზის
შემთხვევების შესახებ ბაკეულ ძუძუმწოვარ ცხოველებში

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ნ. კვცხოველმა 29.6.1958)

მტაცებელ ცხოველთა ბიოლოგიისა და ჰელმინთოფაუნის შესწავლასთან დაკავშირებით ჩვენ მიერ ზოგიერთ სახეობაში აღმოჩენილ იქნა მეტად უარყოფითი მნიშვნელობის ჰელმინთი, ტრიქინელა (*Trichinella spiralis* Owen, 1835).

ტრიქინელას ბუნებაში გავრცელების შესწავლას დიდი თეორიული ინტერესი და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ამ უკანასკნელ წლებში ჩვენს რესპუბლიკაშიც დაგროვდა მნიშვნელოვანი ლიტერატურული ცნობები [1, 2, 3, 4, 5, 6] ადამიანისა და შინაური ცხოველების ტრიქინელოზის შესახებ, ამდენად ჩვენი ინტერესი ტრიქინელას ბუნებაში გავრცელების გზების დადგენისათვის კიდევ უფრო გაიზარდა.

1958 წელს ტრიქინელას პოვნის მიზნით ჩვენ მიერ გასინჯულია 6 სახეობის 21 ეგზემპლარი მტაცებელი ცხოველი, 24 ეგზემპლარი მღრღნელი და 1 მწერიჭამია; სახელდობრ: ტყის კატა, ველის მელა, ტურა, თეთრგულა კვერნა, მაჩვი, მგელი, ტყის თაგვი, ბალის ძიღგუდა, ნაცრისფერი ვირთაგვა, ველის თაგვი და ჩვეულებრივი ზღარბი. მასალა მოპოვებულ იქნა მცხეთის, თბილისის, წითელი წყაროსა და საგარეჯოს რაიონებიდან.

მტაცებელ ძუძუმწოვარ ცხოველთა გამოკვლევას ვაწარმოებდით ცხოველთა სრული ჰელმინთოლოგიური გაკვეთის მეთოდით, ხოლო მღრღნელებსა და მწერიჭამიებში ვსინჯავდით განივზოლიან კუნთებს. ყველა შემთხვევაში ისინჯებოდა: ღიაფრაგმის, ენის, სალექი კუნთის, კიდურების კუნთისა და თვალის მამოძრავებელი კუნთის ნიმუშები.

ცხრილში მოყვანილია გამოკვლეულ ცხოველებში ტრიქინელას პოვნის შემთხვევები.

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, ტრიქინელით დაავადების პროცენტი ყველაზე მაღალია ტურაში, შემდეგ თეთრგულა კვერნასა და ველის მელაში. აღსანიშნავია ისიც, რომ ავჭალის ტერიტორიაზე მოპოვებული მტაცებელი ცხოველებიდან თითქმის ყველა აღმოჩნდა ტრიქინელას მტარებელი. იმავე ტერიტორიაზე მოპოვებული 9 ეგზემპლარი ტყის თაგვიდან ორში იქნა ნაპოვნი ტრიქინელას ძლიერი ინვაზია (ერთ ნიმუშში 70 ცალამდე). ყველაფერი ეს უფლებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ავჭალის ტერიტორიაზე ამ ინვაზიის გარკვეული ბუნებრივი კერაა.



ცხრილი

№ რიგ.	ცხოველების დასახელება	გამოკვლეული ცხოველის რაოდენობა	ცხოველთა რაოდენობა, რომელთაც ტრიქინელა		ცხოველთა ტრიქინელით დაავადების %/0/0	ცხოველის მოპოვების ადგილი
			აღმოჩნდათ	არ აღმოჩნდათ		
1	მტაცებლები და ნ	2	—	2	—	ზემო ავჭალა
2	ტყის კატა	7	4	3	57,1	მცხეთა, ავჭალა, კუმისი
	ველის მელა					წითელი წყარო
3	ტურა	4	4	—	100	ავჭალა
4	თეთრგულა კვერნა	5	4	1	80	ავჭალა, თბილისი (ბოტ. ბაღი)
5	მაჩვი	2	—	2	—	მცხეთა, საგარეჯო (ყორული)
6	მგელი	1	1	—	—	
	მღრღნელები და ნ					ავჭალა
1	ტყის თაგვი	13	2	11	15,6	ავჭალა, ყორული
2	ნაცრისფერი ვირთაგვა	1	—	1	—	ყორული
3	ბადის ძილგუდა	2	—	2	—	ყორული
4	ველის თაგვი	8	—	8	—	ყორული
1	მწერიჭამიები და ნ					
	ჩვეულებრივი ხდარბი	1	—	—	—	ყორული

მიღებული მასალების მიხედვით ტრიქინელით დაავადების ძირითად რგოლს გარეული მტაცებელი ცხოველები უნდა წარმოადგენდნენ, ხოლო მათ შორის წამყვანი მნიშვნელობა შეიძლება ტურას მიეკუთვნოს (გამოკვლეული ოთხი ეგზემპლარიდან ოთხივე ტურა დაავადებული აღმოჩნდა ტრიქინელით— ავჭალა); საგარეჯოს რაიონში (ყორულში) მოპოვებული 16 ეგზემპლარი მღრღნელიდან არც ერთი არ აღმოჩნდა დაავადებული ტრიქინელით. ასევე ტრიქინელა არ აღმოჩნდა მაჩვში. ამავე ტერიტორიაზე მოპოვებული ჩვეულებრივი მწერიჭამია კი დაავადებული იყო ტრიქინელით (მცირე ინვაზია).

ცნობილია, რომ ტრიქინელას გავრცელების გზა ძირითადად ჯანმრთელი ცხოველის მიერ ტრიქინელით დაავადებული კუნთის საკვებად გამოყენებაა. აქედან გამომდინარე ცხოველის კვების ხასიათი ძირითადად უნდა განსაზღვრავდეს ტრიქინელას ბუნებაში გავრცელების ხასიათსაც.

როგორც გასინჯული ცხოველების კუჭის შიგთავსის ანალიზი აჩვენებს, სხვა ცხოველებთან შედარებით ტურა გამოირჩევა იმით, რომ ტურის კუჭის შიგთავსში წარმოდგენილია ყველაზე მეტი მრავალფეროვანი საკვები; შემოდგომისა და ზამთრის პირობებში მცენარეულ საკვებთან ერთად ყველაზე მეტი შემთხვევა აღინიშნა აგრეთვე ლეშით კვებისა. ვარდა ამისა, კვერნისა და მელიისაგან განსხვავებით, ტურას შეუძლია საკმაოდ სიღამპლემში შესული ლეშით კვება.

ჩვენი თვალსაზრისით ამ სასიგნალო მონაცემებს გარკვეული მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს სამედიცინო და სავეტერინარო ჰელმინთოლოგიურ პრაქტიკისათვის, შესაფერ პროფილაქტიკურ ღონისძიებათა დასახვის საქმეში.

საჭიროა გამოვლინდეს და დაზუსტდეს ტრიქინელოზის ბუნებრივი კერები ჩვენი რესპუბლიკის ტერიტორიაზე, რათა დაისახოს მასთან ბრძოლის კომპლექსური ღონისძიებები. საჭიროა გაძლიერდეს ხორცკომბინატებში და სასაკლაოებზე ღორის ხორცის ტრიქინელოსკოპური გამოკვლევა. ასევე უნდა შემოწმდეს საკვებად გამოსაყენებელ მტაცებელ ცხოველთა (დათვი, მაჩვი) ხორცი.

ყოველგვარი ზომები უნდა იქნეს მიღებული, რათა დროულად მოისპოს მკვდარი ცხოველების ლეში (მიწაში ჩამარხვა ან დაწვა). აკრძალულ უნდა იქნეს ტრიქინელიან ცხოველთა ლეშის მისატყუებელ მასალად გამოყენების პრაქტიკა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 29.6.1958)

დაგოწმებული ლიტერატურა

1. გ. მარუაშვილი. ადამიანის ტრიქინელოზი საქართველოში. თბილისი, 1958.
2. К. И. В а р т а н о в. Демонстрация микроскопических препаратов свиных окороков зараженных трихинами. Протоколы Кав. мед. об-ва, № 2, 1892.
3. С. Я. Г а м ц е м л и д з е. К характеристике фауны паразитических червей млекопитающих Грузинской ССР. Труды Тбилисского Гос. университета им. Сталина, т. XX, 1940.
4. Д. К. Г о ц а д з ე и И. А. З и м и н. Случай трихинеллеза у медведя. Медицинская паразитология и параз. болезни, № 3, 1953.
5. Г. М. М а р у ა შ ვ ი ლ ი. К истории изучения трихинеллеза в Грузии. Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 2, 1955.
6. Г. М. М а რ უ ა შ ვ ი ლ ი, ლ. ა. საკვარელიძე, ი. გ. მათიშვილი. Об одной вспышке трихинеллеза в Грузии. Тезисы докладов научной сессии Института малярии и медпаразитологии Минздрава Грузинской ССР, 1955.
7. В. А. К а л ю с. Трихинеллез человека. Москва, 1952.

6. ხარხაშვილიძე

პატემის სინვრციითი ორიენტაცია წრისებრი გადასაცვლების დროს

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერტიაშვილმა 26.5.1958)

სივრცეში ორიენტაციას, როგორც ლიტერატურული წყაროების განხილვით ირკვევა, ამ ბოლო დრომდის ხსნიდნენ, ძირითადად, მხედველობითი და კინესტეტიკური გალიზიანებებით. რაც შეეხება ვესტიბულარულ აპარატს, იგი აღიარებული იყო მხოლოდ წონასწორობის დაცვის ორგანოდ.

აზრი ვესტიბულარული აპარატის გალიზიანებათა მნიშვნელობის შესახებ სივრცით ორიენტაციაში პირველად ციონის [1] მიერ იყო გამოთქმული. მაგრამ ის მრავალრიცხოვანი ცდები, რომლებიც მის მიერ ცხოველებზე იყო ჩატარებული, ამტკიცებდა მხოლოდ ამ აპარატის მნიშვნელობას სხეულის წონასწორობის შენარჩუნებაში. წონასწორობის ის დარღვევები, რომლებიც აღმოცენდებოდნენ ნახევარკალოვანი არხების გადაკვეთისას, ციონის მიერ განიხილებოდა როგორც სივრცეზე მცდარი შეხედულებების აღმოცენების შედეგი. მისი აზრით — „ვესტიბულარული აპარატიდან მიღებული იმპულსების შედეგად ჩვენს ტვინში წარმოიქმნება წარმოდგენა იდეალურ სივრცეზე, რომელზედაც შემდეგ გადაიტანება ყველა შეგრძნება, მიღებული სხვა გრძობათა ორგანოებიდან, სივრცეში საგნების განლაგებისა და თვით საკუთარი სხეულის სივრცეში მდებარეობის შესახებ“. ამიტომ, მისი გაგებით, წონასწორობის დარღვევა გამოწვეული უნდა იყოს სივრცითი ორიენტაციის მოშლილობით, კერძოდ — განსხვავებებით დანახულ და იდეალურ სივრცეს შორის და ცრუ წარმოდგენებით საკუთარი სხეულის სივრცეში მდებარეობის შესახებ, რაც უნდა აღმოცენდებოდეს რომელიმე ნახევარკალოვანი არხის გადაკვეთის გამო.

ამრიგად, ციონის დასკვნა ვესტიბულარული აპარატის მონაწილეობის შესახებ სივრცით ორიენტაციაში არ გამოდინარეობდა უშუალოდ მისი ექსპერიმენტებიდან. პირუკუ, ეს ცდები კიდევ უფრო ნათლად ამტკიცებდა ვესტიბულარული აპარატის როლს სხეულის წონასწორობის შენარჩუნებისათვის.

ცდილობდა რა აღნიშნული საკითხის გამოკვლევას, ბეხტერევიმა [2] გაიმეორა ციონის ექსპერიმენტები. მან ნახა, რომ ლაბირინთების დანგრევით გამოწვეული წონასწორობის მოშლილობა თითქმის არავითარ ცვლილებას არ განიცდის ამ ცხოველებში ტვინის ქერქის ამოკვეთის შემდეგ, რის გამოც წონასწორობის ეს მოშლილობა არ შეიძლება ახსნილიყო როგორც შედეგი სივრცეზე მცდარი შეხედულების აღმოცენებისა, ან ე. წ. განსხვავებებისა დანახულ და იდეალურ სივრცეს შორის, როგორც ეს ციონს ჰქონდა წარმოდგენილი. ამრიგად, ბეხტერევი თითქმის ისეთივე ექსპერიმენტების საფუძველზე უარყოფს ციონის მოსაზრებას. მართალია, ბეხტერევი იცოდა, რომ ვესტიბულარული აპარატიდან მიღებული იმპულსები იძლევიან მოძრაობისა და სივრცეში საკუთარი სხეულის მდებარეობის შეგრძნებებს, მაგრამ მის მიერ ეს აპარატი მინც განიხილებოდა როგორც სტატიკური მგრძობელობის ორგანო, ხოლო ციონის აზრი — როგორც დაუსაბუთებელი ჰიპოთეზა.

ანალოგიურ აზრს იზიარებდნენ როგორც ვესტიბულარული აპარატის, ისე ციონის ჰიპოთეზის მიმართ სხვა მკვლევრებიც [3, 4, 5].

სწორედ ამიტომ აზრი ვესტიბულარულ გალიზიანებათა მნიშვნელობის შესახებ სივრცით ორიენტაციაში არ გაბატონებულა ლიტერატურაში და აღნიშნული ავტორების შემდეგ არც ჩვენთან, არც საზღვარგარეთ არავინ ცდილა ექსპერიმენტულად შეესწავლა იგი.

მხოლოდ ამ უკანასკნელი წლების განმავლობაში ეს საკითხი კვლევის საგნად იქცა აკად. ბერიტაშვილის ლაბორატორიაში.

აკად. ბერიტაშვილმა [6] დამტკიცა, რომ მხედველობითი, სმენითი და კინესტეტიკური გაღიზიანებების გამოთიშვის შემდეგ ცხოველები (კატები და ძაღლები) სივრცეში სწორხაზობრივი გადანაცვლებისას ადვილად ახდენენ არა მარტო გავლილი მანძილის სიდიდისა და მიმართულების და მობრუნების კუთხის სიდიდისა და მიმართულების დიფერენცირებას, არამედ ისინი აწარმოებენ გავლილი გზისა და მისი საწყისი და საბოლოო წერტილების ლოკალიზაციას გარემოში. ამის გამო მათ ადვილად შეუძლიათ აწარმოონ ორიენტირებული მოძრაობა განვლილი გზის მიხედვით. ვესტიბულარული აპარატის ფუნქციის დარღვევა, მისი ოპერაციული წესით გამოთიშვა იწვევს სივრცითი ორიენტაციის უნარის დარღვევასაც. ვერ ახდენენ რა გავლილი გზის პროექციას გარემოში, ულაბირინთო ცხოველებს არ შეუძლიათ არც გავლილი მანძილის სიდიდისა და მიმართულების დიფერენციაცია.

ამრიგად, აკად. ი. ბერიტაშვილის ფაქტობრივი მონაცემების მიხედვით ცხოველების ორიენტაცია სივრცეში მხედველობითი, სმენითი და კინესტეტიკური გაღიზიანებების გამოთიშვის შემდეგ ხორციელდება ვესტიბულარული გაღიზიანებების საშუალებით. ნორმალურ პირობებში სივრცეში ორიენტაცია წარმოებს მხედველობითი, სმენითი და ვესტიბულარული გაღიზიანებების დახმარებით, მხედველობისა და სმენის გამოთიშვისას, ძირითადად, ვესტიბულარული გაღიზიანებებით, ხოლო თუ მხედველობასთან ერთად ამათაც გამოვითიშავენ, მაშინ მარტოდენ კინესტეტიკური გაღიზიანებები საკმარისი არ იქნება სივრცეში ორიენტაციისათვის.

ანალოგიურ დასკვნამდე მიღიან აკად. ი. ბერიტაშვილი და ს. ხეჩინაშვილი [7] ადამიანების მიმართაც. ადამიანებშიაც სივრცითი ორიენტაცია წარმოებს მხედველობითი და ვესტიბულარული გაღიზიანებების დახმარებით, რის გამოც ისეთ ყრუ-მუნჯებს, რომელთაც გამოვარდნილი აქვთ ვესტიბულარული ფუნქცია, მხედველობის გამოთიშვისას არ შეუძლიათ აწარმოონ სივრცეში ელემენტარული ორიენტაციაც-კი.

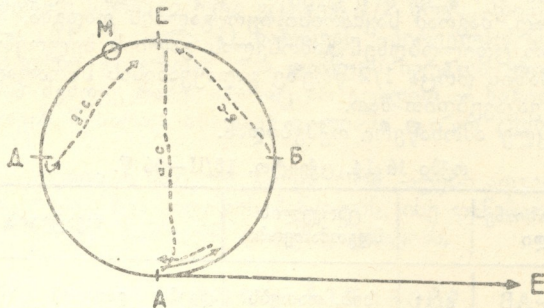
აკად. ი. ბერიტაშვილის რჩევით, ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა, აქვთ თუ არა კატებს უნარი მოახდინონ მანძილის დიფერენციაცია არა სწორხაზობრივი, არამედ წრიული გადანაცვლებისას, შეუძლიათ თუ არა ამ გადანაცვლებისას განვლილი მანძილის გარჩევა სწორხაზობრივად განვლილი იმავე სიდიდის მანძილისაგან და როგორ ახდენენ ისინი სივრცეში ორიენტაციას აღნიშნული გადანაცვლებისას.

ცდები წარმოებდა დიდ საექსპერიმენტო ოთახში, სადაც იატაკზე დასაზული იყო წრე სამი მეტრის დიამეტრით და სწორი ხაზი 4,71 მეტრის სიგრძისა, რაც შეეფარებოდა ამ წრეხაზის გარშემოწერილობის ნახევარს. მხედველობითი გაღიზიანებების გამოთიშვის მიზნით ცხოველებს თვალებზე ვუკეთებდით შუქგაუმტარი მასალისაგან შეკერილ ნიღაბს. ცდების წარმოებას ვიწყებდით მას შემდეგ, როდესაც ცხოველი ეჩვეოდა ნიღბის ტარებას და არ ცდილობდა მის მოგლეჯას. იმისათვის, რომ გამოთიშული ყოფილიყო კინესტეტიკური გაღიზიანებანიც, ცხოველებს ვსვამდით გალიაში და გალიით გადაგვყავდა ერთი ადვილიდან მეორეზე.

ცდების პირველ სერიამი ცხოველები გადაგვყავდა 1/2 წრეზე A-დან C-წერტილში (იხ. სურ. 1), სადაც ნახევარი მეტრის დაშორებით ვუდგამდით საკვებს. ამ წერტილში ცხოველი გამოგვყავდა გალიიდან, ვაძლევდით საკვებს, კვების დამთავრების შემდეგ შეგვყავდა ისევ გალიაში და უკანვე ვაბრუნებდით საწყის წერტილში საწინააღმდეგო მიმართულებით. უხნდა აღინიშნოს, რომ გალიის გადატანას ვაწარმოებდით სხვა დანარჩენი წერტილებიდანაც, მაგ-

რამ ყოველთვის ნახევარწრეზე (მაგ. B-დან D-ში, C-დან A-ში, D-დან B-ში). გადატანისას ყოველთვის ვცდილობდით, რომ ცხოველი ყოფილიყო თავით წინ, სვლის მიმართულებით, უკან დაბრუნებისას კი — პირუკუ.

უკვე მეორე-მესამე ცდის შემდეგ ცხოველები დგებოდნენ და ცდილობდნენ გამოსვლას აღრევე, ვიდრე მათ ნახევარწრეზე გადავიყვანდით. უკან დაბრუნებისას ისინი ასევე დგებოდნენ, ბრუნდებოდნენ თავით წინ სვლის მიმართულებით და გამოდიოდნენ საწყის წერტილშიაც გალიის დადგმის შემდეგ.



სურ. 1

რამდენიმე დღის მუშაობის შემდეგ (ერთ კატაზე უფრო ადრე, მეორეზე შედარებით ნოვანიანებით) შემდეგი სახის ქცევა დამყარდა: გადატანის დასაწყისში ცხოველები ისხდნენ ან იწვნენ გალიაში, დგებოდნენ მხოლოდ ნახევარწრესთან მიახლოვებისას ან გალიის დადგმის შემდეგ, გამოდიოდნენ და მიემართებოდნენ საკვებისაკენ. კვების დამთავრების შემდეგ ხშირად თვითონვე შედიოდნენ გალიაში, შესვლისთანავე შემობრუნდებოდნენ, ე. ი. იკავებდნენ საწყის პოზიციას. ზოგჯერ კვების დამთავრების შემდეგ ცხოველები თვითონ არ ბრუნდებოდნენ გალიაში და საჭირო ხდებოდა მათი ძახილით გაფრთხილება ან იძულებითი წესით უკანვე შეყვანა. უკან დაბრუნებისას ცხოველები არავითარ რეაქციას არ იძლეოდნენ არც გადატანის, არც საწყის წერტილში დადგმის პროცესში. იშვიათად თუ მათ ეკავათ თავით წინა მდებარეობა, გადატანის პროცესშივე ბრუნდებოდნენ და იკავებდნენ საწინააღმდეგო პოზიციას.

მას შემდეგ, რაც საკმაოდ განმტკიცდა აღნიშნული ქცევა, ჩვენ დავიწყეთ ნახევარი წრის დიფერენციაცია მეოთხედი (1/4) წრისაგან. ამ მიზნით ცხოველები გადაგვყავდა A-დან B წერტილში (აგრეთვე B-დან C-ში, C-დან D-ში, D-დან A-ში), მაგრამ აქ უკვე საკვებს არ ვაძლევდით. ცხოველი გალიიდან გამოსვლის შემდეგ გამალეებით ყნოსავდა იატაკს, ეძებდა საკვებს, ათიოდე სეკუნდის შემდეგ იგი შეგვყავდა უკანვე გალიაში და ვაბრუნებდით საწყის წერტილში საწინააღმდეგო მიმართულებით.

დიფერენციაციის დასაწყისში ცხოველები 1/4 წრეზე გადაყვანისას გამოდიოდნენ და გალიის წინ საკვების ხანმოკლე ძებნის შემდეგ ხშირად პირდაპირ მიემართებოდნენ C წერტილისაკენ, იქ, სადაც წინა ცდამი კვება წარმოებდა (იხ. სურათი № 1). კიდევ უფრო საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ცხოველები ზოგჯერ საწყისი წერტილიდანაც გამოდიოდნენ და დიამეტრის მიმართულებით, ე. ი. უმოკლესი გზით, მიემართებოდნენ პირდაპირ C წერტილისაკენ. საკმაო-სი იყო გადაყვანის დაგვიანება 10—15 წუთით, რომ ცხოველები თავისით გამოსულიყვნენ და წასულიყვნენ დიამეტრის მიმართულებით. ერთნახევარი-ორი მეტრის გავლის შემდეგ ისინი იწყებდნენ საკვების ძებნას. ხანდახან ისინი უშუალოდ აღწევდნენ C წერტილს და იქ იწყებდნენ საკვების ძებნას (იხ. სურ. 1; წყვეტილი ხაზი AC). ანალოგიური მოძრაობა აღინიშნებოდა სხვა წერტი-

ლებიდან გამოსვლის შემდეგაც. უნდა შეენიშნოთ, რომ ასეთი მოძრაობისას მათ ამ წერტილებში არასოდეს არ დახვედრიათ საკვები, მაგრამ მიინც ხშირად იმეორებდნენ ამას. დიფერენციაციის გამომუშავებისა და განმტკიცების შემდეგ ასეთ მოძრაობას მხოლოდ იშვიათი გამონაკლისის სახით ჰქონდა ადგილი.

შემდგომ ცდების გაგრძელებისას ჩვენ ვნახეთ, რომ ცხოველები დგებოდნენ და გამოდიოდნენ გალიიდან მხოლოდ 1/2 წრეზე გადაყვანის დროს და თითქმის არავითარ რეაქციას არ იძლეოდნენ 1/4 წრეზე გადაყვანისას. მართალია, ზოგჯერ ისინი 1/4 წრეზე გადაყვანის დროს დგებოდნენ და ემზადებოდნენ გამოსასვლელად, მაგრამ საკმარისი იყო გალიის დადგმა, რომ ისინი ჩერდებოდნენ და აღარ ცდილობდნენ გამოსვლას გალიის ხელოვნურად შენჯღრევის დროსაც კი, მაშინ როცა 1/2 წრეზე გადაყვანისას სწრაფად გამორბოდნენ და ძალითაც ვერ ვაკავებდით მათ.

მოგვყავს მოკლე ამონაწერი ოქმებიდან.

ოქმი № 14. ცქვიტო, 18/II—56 წ.

№№	დრო	გამადიზიანებული		ცხოველის მდგომარეობა	რეაქციის ხასიათი
10	13,03	1/4—AB	4/33	ზის, თათებს ილოკავს	დგება გალიის აწვეისთანავე, მაგრამ გალიის დადგმის შემდეგ არ გამოდის. ჯდება, იწყებს კნავილს. ვაბრუნებთ უკან, არ ინძრევა.
11	13,08	1/4—AB	5/34	ზის თავაწეული, კნავის, თათებით თავს იფხანს	გალიის აწვეისთანავე თავს ანებებს თავის ფხანას, მაგრამ არ დგება, არც გამოდის, 4—7" შემდეგ დადგმიდან იწყებს თათების ლოკვას. უკან დაბრუნებისას არავითარ რეაქციას არ იძლევა.
12	13,13	1/2—AC +კვება	7/87	ზის, თავდახრილია	დგება 1/2 წრის გავლის შემდეგ. გამოდის, ჭამს საჭმელს, შედის თავისით, ბრუნდება, წევა. იწყებს თათების ლოკვას. უკან დაბრუნებისას არ ინძრევა.

ოქმი № 17. შმაგა, 6/IV—56 წ.

8	12,23	1/2—AC +კვება	4/81	ზის თავაწეული, კნავის	დგება მხოლოდ 1/2 წრესთან მიახლოებისას, გამოდის, ჭამს საჭმელს, ძახილზე „ადგილზე!“ შედის უკან, ბრუნდება და ჯდება, უკან გადმოყვანისას არ იძლევა რეაქციას.
9	12,27	1/4—AB	5/43	ზის, თათებს ილოკავს	დგება გალიის აწვეისას, მაგრამ ერთ ადგილზევე დგას, არ გამოდის. 10" შემდეგ ისევ ჯდება და განაგრძობს ლოკვას.

ამრიგად, მოყვანილი ოქმებიდან ნათლად ჩანს, რომ კატები ადვილად ახდენენ 1/4 წრის დიფერენცირებას 1/2 წრისაგან.

ამის შემდეგ შევეცადეთ მიგველო 3/4 წრის დიფერენცირება 1/2 წრისაგან. ამ მიზნით ცხოველები გადაგვყავდა A-დან D-ში (იხ. სურ. 1). ამ ამოცანის შესრულება შედარებით ძნელი შეიქნა, რადგან ცხოველები ნახევარწრესთან მიახლოებისას დგებოდნენ და ხშირად გზაშივე ხტებოდნენ გალიიდან. იძულებული გავხდით გალია დავეკეტა და გავგელო მხოლოდ 3/4 წრეზე გადატანის შემდეგ. პირველ ხანებში გალიის გადაყვანისა და გალების შემდეგ ცქვიტო გამოსვლისთანავე ბრუნდებოდა უკან და მიემართებოდა იმ წერტილისაკენ (C), სადაც ჩვეულებრივად საჭმელს ვაძლევდით. (იხ. სურ. 1, წყვეტილი ხაზი

DC). ანალოგიური მონაცემები, მაგრამ უფრო იშვიათად, შმაგაზედაც იყო მიღებული. ასე იქცეოდნენ ეს ცხოველები რამდენიმე დღის განმავლობაში. შემდეგ შესაძლებელი გახდა გამომუშავებულიყო აღნიშნული მანძილის დიფერენციაცია. ამ დროს ცხოველები 3/4 წრეზე გადაყვანის შემდეგ უკვე აღარ გამოდიოდნენ გალიიდან. ხშირად ისინი 1/2 წრესთან მიახლოებისას დაებოდნენ, მაგრამ რაკი ჩვენ განვაგრძობდით მოძრაობას, ისევ სხდებოდნენ გალიაში და არ ცდილობდნენ გამოსვლას, მიუხედავად იმისა, რომ გალიას უკვე აღარ ვკეტავდით.

ცდების შემდგომ სერიაში ჩვენ ვცადეთ 1/2 წრის დიფერენცირება იმავე სიდიდეს სწორი (AE იხ. სურ. 1) ხაზისგან. პირველად როგორც ცქვიტო, ისე შმაგა გამოვიდნენ გალიიდან და დაიწყეს იატაკის ყნოსვა და ძებნითი მოძრაობა, მაგრამ შემდეგ რამდენჯერაც არ ვცადეთ ამ ხაზით გადაყვანა, ცხოველები ყოველთვის წყნარად ისხდნენ გალიაში და არ ცდილობდნენ გამოსვლას.

აღნიშნული ცდებიდან ნათელი გახდა, რომ კატები ადვილად ახდენენ როგორც წრისებრი სხვადასხვა სიდიდის მანძილის, ისე თანაბარი ოდენობის წრისებრი და სწორხაზოვანი მანძილის დიფერენციაციას.

მიღებული შედეგები

წარმოებულ ცდებით გამოირკვა, რომ კატები ადვილად ახდენენ 1/4 და 3/4 წრის დიფერენცირებას 1/2 წრისაგან, ე. ი. მანძილის სიდიდის დიფერენციაციას წრისებრი გადანაცვლების დროს და კიდევ უფრო ადვილად ახერხებენ 1/2 წრის დიფერენცირებას იმავე სიდიდის სწორი ხაზიდან, ე. ი. გადანაცვლების მიმართულებისა და ხასიათის დიფერენციაციას.

როგორც ი. ბერიტაშვილის ცდებით გამოირკვა, ცხოველები (კატები და ძაღლები) მხედველობითი და კინესტეტიკური გაღიზიანებების გამოთიშვის შემდეგ გავლილი მანძილისა და კუთხეების დიფერენციაციას სწორხაზობრივი გადანაცვლების დროს ახდენენ ვესტიბულარული იმპულსების დახმარებით. ამ გაღიზიანებათა საფუძველზე ისინი ადვილად ახდენენ საკვების ადგილმდებარეობის პროექციას გარემოში, მათ ექმნებათ წარმოდგენა როგორც საკვების, ისე საკუთარი თავის ადგილმდებარეობის შესახებ, რის გამოც ამ წარმოდგენების მიხედვით მათ შეუძლიათ აწარმოონ მიზანდასახული მოძრაობა საკვებისაკენ მოცემული საექსპერიმენტო ოთახის ყველა წერტილიდან. სმენითი, ყნოსვითი და ტაქტილური გაღიზიანებანი არსებით როლს არ თამაშობენ ამ წარმოდგენათა შემუშავებაში, რადგან მათი გამოთიშვა საგრძნობ გავლენას არ ახდენს ამ ცხოველების სივრცით ორიენტაციაზე. ლაბორინთების დანგრევის შედეგად-კი ცხოველები, თუ მათ მხედველობასაც გამოვუთიშავთ, ვერ ახერხებენ საკვების მდებარეობის პროექციას გარემოში, არ შეუძლიათ მანძილისა და კუთხეების დიფერენციაცია. სწორედ ამიტომ ი. ბერიტაშვილი ასკვნის, რომ განვლილი მანძილისა და წარმოებულ მობრუნებების აღქმა და სასიცოცხლო მნიშვნელობის ობიექტების სივრცეში ლოკალიზაცია ვესტიბულარული იმპულსების დახმარებით ხორციელდება.

ჩვენს შემთხვევებშიაც ყნოსვითი გაღიზიანებებს არ შეიძლება მიენიჭოს გადამწყვეტი როლი, ეს თავისთავად ნათელი ხდება თვით ცდების წარმოების მეთოდოლოგიისა. საკვების სუნი ერთნაირად უნდა ყოფილიყო გამოხატული A, B, C და D წერტილებში, რადგან ჩვენ ყველა წერტილში ვახდენდით კვებას, იმისდა მიხედვით, თუ რომელი წერტილი იყო მიჩნეული საწყის წერტილად. ყნოსვითი გაღიზიანებანი რომ არ უნდა თამაშობდეს დიდ როლს, იქიდან ჩანს, რომ 1/4 წრეზე გადაყვანისას ცხოველები არ გამოდიოდნენ გალიიდან იმ შემთხვევაშიაც-კი, როცა მათ წინ 0,5 მეტრის დაშორებით საკვებით სავსე ჯამი

ედგათ, მაშინ, როდესაც ისინი 1/2 წრეზე გადაყვანისას სწრაფად გამორბოდნენ, მიუხედავად იმისა, რომ მათ წინ საკვები ჯერ კიდევ არ გვექონდა დადგმული.

რაც შეეხება მექანიკურ გაღიზიანებებს, ე. ი. კანისა და შინაგან ორგანოთა გაღიზიანებას გალიის აწევის, გადატანისა და დადგმის დროს, არ შეიძლება ჰქონოდა არსებითი მნიშვნელობა, რადგან, ჯერ ერთი, ეს გაღიზიანებანი თითქმის ანალოგიურია როგორც 1/4, ისე 1/2 წრეზე გადაყვანისას და, განსაკუთრებით, 1/2 წრეზე და იმავე სიდიდის სწორ ხაზზე გადასაცვლებისას და, მეორე, როგორც ბერიტაშვილის მიერ იქნა დადგენილი, ულამბირითო ცხოველები ვერასდროს ვერ ახერხებენ მანძილის დიფერენციაციას, თუმცა ანალოგიურ გაღიზიანებებს მათშიაც აქვს ადგილი.

გალიის გადატანის ან გადატანის ნაბიჯებით გამოწვეულ ხმაურს და საერთოდ საექსპერიმენტო ოთახში არსებულ ჩვეულებრივ ხმაურსაც არ უნდა ჰქონდეს არსებითი მნიშვნელობა, რადგან, როგორც ეს ბერიტაშვილის მიერ იქნა დადგენილი, აღნიშნული დიფერენციაცია არსებითს ცვლილებებს არ განიცდის ამ ცხოველებში სმენის გამოთიშვისას.

ვინაიდან ჩვენს შემთხვევებში როგორც მხედველობითი, ისე კინესტეტიკური გაღიზიანებანი საიმედოდ იყო გამოთიშული, უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ ქცევების დიფერენციაცია გამოქმუშავდა იმ გაღიზიანებათა გამო, რომლებიც აღმოცენდებიან ვესტიბულარულ აპარატში ცხოველის ერთი ადგილიდან მეორეზე გადასაცვლებისას. ვესტიბულარულ გაღიზიანებათა საშუალებით ცხოველი არა მარტო განსაზღვრავს წრის სიგრძის მანძილის სიდიდეს და მიმართულებას, არამედ, რაც მთავარია, ახდენს საკვების ადგილმდებარეობის ლოკალიზაციას გარემოში, რის გამოც მას ექმნება გარკვეული წარმოდგენა საკვების ადგილმდებარეობაზე საექსპერიმენტო ოთახში და შეუძლია აწარმოოს მიზანდასახული მოძრაობა მოკლე გზით ამ წერტილისაკენ. სწორედ ამას ადასტურებს ის ფაქტი, რომ ცხოველები 1/4 წრეზე გადაყვანის შემდეგ პირდაპირ მიემართებოდნენ 1/2 წრისაკენ, ან 3/4 წრეზე გადაყვანის შემდეგ უკანვე ბრუნდებოდნენ ნახევარი წრისაკენ და, რაც უფრო შესანიშნავია, საწყისი წერტილიდან გამოსვლის შემდეგ პირდაპირ დაამეტრის მიმართულებით მიდიოდნენ ნახევარი წრისაკენ, იქ, სადაც ჩვეულებრივ საკვებს ვაძლევდით ხოლმე. აქედან ნათელია, რომ ცდების დასაწყისში ცხოველები დიფერენციაციას ახდენენ იმ წარმოდგენებით, რომლებიც აღმოცენდებიან მათში ვესტიბულარულ გაღიზიანებათა საფუძველზე.

შემდგომ ცდების გაგრძელებისას ჩვენ ვნახეთ, რომ ცხოველები გალიიდან გამოდიოდნენ მხოლოდ 1/2 წრეზე გადაყვანის შემდეგ და არ გამოდიოდნენ სხვა წერტილებში გადაყვანისას. ეს მოვლენა უნდა აიხსნას როგორც პირობითი რეფლექსის გამოქმუშავება და მისი დიფერენციაცია იმავე ვესტიბულარულ გაღიზიანებათა საფუძველზე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 15.6.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Цион. Военно-медиц. журн., 134, кн. 3—4, 134, № 4, 5, 7, 1879.
2. В. М. Бехтеров. Основы учения о функциях мозга, в. IV. 1905.
3. М. Camis. The Physiology of The Vestibular apparatus, Oxford. 1930.
4. I. Breuer. Pfluger's Archiv, 68, 596, 1897.
5. М. Fischer. Handb. d. Norm. u. Path. Physiologie. Bd. 50, 24. Berlin, 1931.
6. И. С. Беритов. Физиол. журн. СССР, 7, 1957; Труды инс.-та физиол. АН ГССР, 9, 4, 1953.
7. И. С. Бериташвили и С. Н. Хечинашвили. Сообщения АН ГССР, т. XIII, № 7, 1952.



მ. სემენსკაია

სისხლის შედედების სისტემა ფიზიოლოგიისა და მედიცინის
ბანვითარების თანამედროვე მტაპაჲე

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 29.5.1958)

სისხლის შედედების სისტემის ა. შმიდტის მიერ (1861—95 წ.) წარმოდგენილი სქემა, რომელიც დღემდე ინარჩუნებს თავის მნიშვნელობას, შემდგომი შესწავლის პროცესში გაცილებით უფრო რთული აღმოჩნდა.

ა. შმიდტის ფერმენტული თეორიის თანახმად, სისხლის ძარღვების ეთლიანობის დარღვევისა და სისხლის უჯრედების (თრომბოციტების) დაშლის შედეგად გამოიყოფა თრომბოკინაზა, რომელიც ააქტივეებს პლაზმის ფიბრინოგენს (აქტივეს ფიბრინად), ეს უკანასკნელი კი ქმნის სისხლის კოლტს. კოლტის რეტრაქციის შედეგად გამოიყოფა შრატი. შმიდტის აზრით, ეს რეაქცია ნეიტრალური მარილების მონაწილეობით მიმდინარეობს.

პროთრომბინი თავისი ქიმიური ბუნებით გლუკოპროტეიდს წარმოადგენს. ეკუთვნის პლაზმის ცილების გლობულინურ ფრაქციას. ფიბრინოგენიც გლობულინური ბუნებისაა.

ჰამარშტედტის, მორავიცის და ჰოველსის (1904—1909 წ) გამოკვლევებით დადგინდა კალციუმის მარილების მნიშვნელობა სისხლის შედედებაში [1].

უკანასკნელ ხანებში მიაჩნიათ, რომ კალციუმის იონები აკავებენ ანტიკოაგულანტის — ჰეპარინის მოქმედებას.

ასე აღმოაჩინეს სისხლის შედედების 4 მთავარი ფაქტორი. ფიბრინოგენი, რომელიც გამოიყოფა შეუიარაღებელი თვალთ ხილული ფიბრინის ბოჭკოების სახით, წოდებულია I ფაქტორად; პროთრომბინი, რომელიც ა. შმიდტმა გამოყო ფიბრინის კოლტის ნარეცხი წყლებიდან სპირტით დალექვის საშუალებით, — II ფაქტორად; თრომბოკინაზა — III ფაქტორად და ორვალენტური კალციუმი — IV ფაქტორად.

თრომბოკინაზის ქიმიური აღნაგობის შესწავლით გამოირკვა, რომ ის ლიპოპროტეიდია, რომელიც შეიცავს ლიპოიდ კეფალინს. აღმოჩნდა, რომ ყველაზე უფრო აქტიური ადამიანისა და კურდღლის ტვინში არსებული თრომბოპლასტინია.

გლუვ, სადაზღვაპირიან ჭურჭელში გამოშვებული სისხლის ნელი შედედება მასზე ქსოვილოვანი თრომბოპლასტინის დამატების შემდეგ 28—32 სეკუნდში მთავრდება, ხოლო შუშის, განსაკუთრებით კი პარაფინირებულ ჭურჭელში გამოშვებული სისხლის შესადეებლად რამდენიმე საათია საჭირო.

ეს განსხვავება სისხლის შედედების დროში, რომელმაც დიდი ხანია მიიპყრო მკვლევართა ყურადღება, ახსნილ იქნა მხოლოდ უკანასკნელ წლებში ოვრენის, ალექსანდერის, კოლერის, სტეფანინის, დამაშეკის [1, 3]; ჩვენში კი კუდრიამშვიცის [2] და სხვათა მიერ.

აღმოჩენილია კიდევ 6 ფაქტორი, რომლებიც მონაწილეობენ სისხლის შედედების პროცესში.

ეს ფაქტორები აღნიშნულია რომაული ციფრებით, ქრონოლოგიური წესით, მათი აღმოჩენისა და მიხედვით. დადგენილია მათი ფიზიოლოგიური მოქმედება და ქიმიური თავისებურებები.

ჯერ კიდევ 1904 წელს ბორდემ და უანგუმ [1] შენიშნეს, რომ ახლად აღებულ სისხლზე ძველი, ნაღვამი შრატის დამატებით შედეგების პროცესი ჩქარდება.

ახალი, ნატიური შრატის მოქმედების შესწავლით აღმოჩნდა, რომ მასში არსებული შედეგების პროცესის დამაჩქარებელი ფაქტორი გათბობისა და კონსერვაციის შემდეგ ქრება. ეს ცილოვანი ნივთიერება წოდებულია V ფაქტორად. ის თრომბოპლასტინთან ერთად ქმნის უფრო აქტიურ კომპლექსს — VI ფაქტორს, რომელსაც პროთრომბინაზას, კუდრი აშევიკი თრომბოტროპინს უწოდებს [2].

აღმოჩნდა, რომ სისხლძარღვთა დაზიანებისას აქტიური თრომბოპლასტინი არ მოიპოვება. ამ ფერმენტის წარმოსაქმნელად უნდა შეიქმნას კომპლექსი — თრომბოკინაზას (III ფაქტორის) შენაერთი რიგ პლასმურ ფაქტორებთან. ეს ფაქტორებია: ანტიკემოფილური გლობულინი (VIII ფაქტორი), IX ფაქტორი, რომლის ნაკლებობა აღინიშნება „კრისტმანის“ ანუ B ტიპის ჰემოფილიის დროს, დაბოლოს X ფაქტორი, რომელიც უკანასკნელ წლებში გამოყოფილია.

ახლად შექმნილი კომპლექსი — თრომბოპლასტინი არ არის იმდენად ძლიერი, რომ მთელი პროთრომბინი აქციოს თრომბინად. შრატის VII, ე. წ. სტაბილურ ფაქტორთან (არ ქრება შრატის გაშრობისა და კონსერვაციის დროს) ერთად ის ქმნის კონვერტინს, რომელიც პროთრომბინს აქცევს თრომბინად, მაგრამ იმდენად მცირე რაოდენობით, რომ ეს უკანასკნელი არ არის საკმარისი ფიბრინოგენის ფიბრინად გადასაქცევად. წარმოქმნილი თრომბინის მცირე რაოდენობა ააქტივებს V ფაქტორს, ე. წ. პროაქცილერენს, რომელიც მონაწილეობს VI კომპლექსის — თრომბოტროპინის შექმნაში. თრომბოტროპინი წარმოადგენს სისხლის შედეგების ჰემოზარტ ამაჩქარებელს. ის რამდენიმე სეკუნდში აქცევს პროთრომბინს თრომბინად, ეს უკანასკნელი კი იწვევს შედეგების საბოლოო ფაზას — ფიბრინოგენის ფიბრინად გადასაქცევად.

სისწრაფის მიხედვით ეს პროცესი ქსოვილოვანი თრომბოპლასტინის მოქმედების ანალოგიურია, მაშინ როდესაც მოსამზადებელი პერიოდი დიდ დროს მოითხოვს.

უნდა აღინიშნოს, რომ, როგორც სისხლის დენისას გარემოში. ისე სისხლის შედეგებისათვის თვით ორგანიზმში უდავოდ მნიშვნელობა აქვს ზედაპირის ფაქტორს. მაგრამ რაგინდ გლუვი არ იყოს ზედაპირი, სისხლი მაინც დედღება, მაგალითად, პარაფინირებულ ჭურჭელში. სრული სტაბილიზაციისათვის საჭიროა სისხლს დაემატოს ისეთი ნივთიერებები (ოქსალატი, ციტრატი), რომლებიც აკავებენ კალციუმის მარილებს. კალციუმის მარილების გამორიცხვა შესაძლებელია სისხლის იონცვლად ფისში გატარებით. კათიონური სისხლი სულ უფრო დიდ გავრცელებას პოულობს სისხლის გადასხმის საქმეში, ვინაიდან არ მოითხოვს სხვა ნივთიერებების დამატებას, რომელთა დიდი კონცენტრაციები შეიძლება ტოქსიკური დარჩეს ორგანიზმისათვის.

სისხლის შედეგების სირთულე და სინელე წარმოადგენს ორგანიზმის თავისებურ თავდაცვას მაგისტრალური სისხლის ძარღვების თრომბოზისაგან.

უკვე დაწყებული სისხლის შედეგება თანდათან წყდება, ჭარბად წარმოქმნილი თრომბინის ფიბრინის ბოჭკოებით აღსორბირების გამო.

გარდა აღნიშნულისა, ცოცხალ ორგანიზმში გამუდმებით წარმოიქმნებიან შედეგების ფაქტორების მძლავრი ანტაგონისტები — ანტიკოაგულანტები. ასეთია ჰეპარინი — მაღალმოლეკულური პოლისახარიდი, აღმოჩენილი სოუ-

ელისა და ხორტის მიერ 1918 წ. ის გამომუშავდება ორგანოთა ქსოვილებში, უმთავრესად ღვიძლში, ფილტვებში და სისხლძარღვების გარემომცველ მეზენქიმურ უჯრედებში. ასეთი ორგანული ანტიკოაგულანტების (ჰეპარინის, პნევმინის) გადასვლით პერიფერიულ სისხლში აიხსნება გვამური სისხლის სტაბილიზაცია უეცარი სიკვდილის შემდეგ.

ანტიკოაგულანტების სიჭარბე ქმნის სისხლის დენის საშიშროებას, რასაც შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს სხვადასხვა ოპერაციული ჩარევებისა და მშობიარობის დროს. უნდა აღინიშნოს, რომ ჰიპოთერმიის პირობებში ჩატარებული ოპერაციებისას სისხლის შედეგების პროცესი ირღვევა არა მხოლოდ ანტიკოაგულანტების სიჭარბის, არამედ პროთრომბინისა და ფიბრინოგენის შემცირების გამო (ც. აბაქელია).

თრომბირებული სისხლძარღვის სანათურის აღდგენა განპირობებულია ფერმენტული პროცესით — ფიბრინოლიზით. ამ პროცესმა შეიძლება თავი იჩინოს ოპერაციის მსვლელობაში და დააბრკოლოს სისხლის დენის შეჩერება. ფიბრინოლიზით აიხსნება გვამის სისხლის გათხელებაც მისი წინასწარი შედეგების შემდეგ.

სისხლის შედეგების მთელი პროცესი სადღეისოდ წარმოდგენილია ჯაჭვური რეაქციის სახით. ამ ჯაჭვის ცალკეული რგოლები ფერმენტული თვისებების მატარებელ კომპლექსებს წარმოადგენენ, რომლებიც აძლიერებენ და ააქტივებენ ფერმენტებს და იწვევენ ფიბრინის ბოჭკოების გამოვარდნას. ამ კომპლექსების შექმნაში და რეაქციის ცალკეული რგოლის გააქტივებაში მონაწილეობენ კალციუმის იონებიც, მაგრამ მათ გარეშეც, ტრიფსინის ან გველისა და გომბემოს ზოგიერთ შხამის დამატებით სისხლზე შეიძლება შედეგების გამოწვევა [1]. უნდა აღინიშნოს, რომ ჰემორაგიული დიათეზის არც ერთი სახეობა არ არის განპირობებული კალციუმის იონების უქონლობით. მაგრამ ქლორ-კალციუმი ფართოდ გამოიყენება სისხლის დენის შემთხვევებში სისხლძარღვთა კედლების ტონიზაციისა და სისხლის შედეგებისათვის უკეთესი პირობების შექმნის მიზნით (იხ. ცხრილი 1).

ლიტერატურაში აღწერილია I ფაქტორის უქონლობის — აფიბრინოგენის ცალკეული შემთხვევები სისხლის ცილოვანი შედეგნილობის თანდაყოლილი მანკის სახით. ეს დაავადება სიკვდილით თავდება ახალშობილობისა ან ბავშვობის ასაკში. ფიბრინოგენის ძლიერი სიმცირე და ზოგჯერ სრული აფიბრინოგენია აღინიშნება ღვიძლის დაავადების დროს. ფიბრინოგენის რაოდენობა მცირდება დიკუმარინით მკურნალობისას და აგრეთვე ფილტვებზე ოპერაციების წარმოებისას.

II ფაქტორის უკმარისობა ცნობილია იდიოპათიური ათრომბოპენიის სახით, უფრო ხშირად კი ის ვითარდება ღვიძლის დაავადებისას და K ვიტამინის ნაკლებობის შემთხვევებში. დამმა და ალკკინტმა [1, 3] დაადგინეს ვიტამინის მნიშვნელობა ღვიძლში პროთრომბინის სინთეზისათვის. შემდგომ ცნობილ იქნა ნაწლავების მიკროფლორის მნიშვნელობა თავით ვიტამინი K-ს სინთეზში. პროთრომბინის სინთეზს ღვიძლში აბრკოლებს აგრეთვე დიკუმარინის მსგავსი ნივთიერებები. ცნობილია, მაგალითად, მსხვილფეხა რქოსანი საქონლის დაავადება, რომელიც სისხლის შედეგების დაზიანებით მიმდინარეობს და ვითარდება დამჟანარი სამყურა ბალანით კვებისას. ეს უკანასკნელი დიდი რაოდენობით შეიცავს კუმარინს. პროთრომბინის სიმცირე აღენიშნება ახალშობილებსაც.

რაც შეეხება III ფაქტორს — თრომბოპლასტინს, მისი სიმცირე ჰემოფილიის დროს სადღეისოდ აიხსნება არა თრომბოციტების სიმცირით, არამედ პლაზმის ცილოვანი უკმარისობით.



კლასიკური, ე. წ. A ჰემოფილია გამოწვეულია VIII ფაქტორის — ანტიჰემოფილური გლობულინის ნაკლებობით. ეს ფაქტორი აღმოჩენილია პატეისა და ტეილორის მიერ 1937 წელს [1, 3]. B ჰემოფილიის დროს VIII ფაქტორი საკმარისი რაოდენობითაა, მაგრამ აღინიშნება IX ფაქტორის თრომბოპლასტიკური გლობულინის წინა სტადიის ნაკლოვანება. B ჰემოფილიას, აღნიშნული მანკის მქონე ავადმყოფის გვარისდა მიხედვით, კრისტმანის დაავადება უწოდეს.

კოლერი [4] განასხვავებს ჰემოფილიას, რომელიც X ფაქტორის ნაკლოვანებით ხასიათდება.

ცხრილი 1

ფაქტორები, რომელთა ნაკლოვანებისას ვითარდება ჰემორაგიული დიათეზი

ფაქტორები	თანდაყოლილი დაავადება	შეძენილი დაავადება
ფიბრინოგენი 1861—95 წ.	აფიბრინოგენია—20 შემთხვევა ბავშვობის ასაკში	ღვიძლის დაავადებები, ოპერაციები ფილტვებზე, მიზობიარობა, ავთი-სებიანი სიმსივნეები
პროთრომბინი 1861—95 წ.	ესენციური ჰიპოპროტეინემია	ღვიძლის დაავადებები, K ვიტამინის ნაკლებობა, დიკუმარინის მოქმედება, ახალშობილები
ტრომბოპლასტინი 1861—95 წ.	იხილეთ VIII და X ფაქტორები	
1904 წ.	დაავადებები არ ვითარდება	
ლაბილური ფაქტორი გლობულინი	პარაგემოფილია	ღვიძლის დაავადებები
თრომბოთრობინი კუდრიაშვი, 1946 წ.		
სტაბილური ფაქტორი	ბელის, ალექსანდერისა და ოვრენის შემთხვევები	ღვიძლის დაავადებები, K ვიტამინის დეფიციტი, დიკუმარინი, ახალშობილები, სხივური დაავადება
ა. ბ. ანტიჰემოფილური გლობულინი, 1937 წ.	კლასიკური ჰემოფილია A ფორსანდი, 1784	
კრისტმანის ფაქტორი თრომბოპლასტიკური კომპონენტის წინა სტადია 1953 წ.	B ჰემოფილია, კრისტმანის დაავადება	ახალშობილთა ჰემოფილოიდი
კოლერის ფაქტორი	ჰემოფილია	ღვიძლის დაავადებები, K ვიტამინის ნაკლებობა, დიკუმარინი, ახალშობილები

თუ ანტიჰემოფილური გლობულინის არარსებობა ახასიათებს მხოლოდ კლასიკურ ჰემოფილიას, IX და X ფაქტორის ნაკლებობა შეიძლება გამოწვეული იყოს ღვიძლის დაავადებებით: ობტურაციული სიყვიითლით, სიმსივნით,

ცროზით, ყვითელი ატროფიით. ის შეიძლება განვითარდეს აგრეთვე K ვიტამინის ნაკლებობით, დიკუმარინის შეყვანის შემდეგ, ახალშობილთა ჰემოფილოიის დროს, ე. ი. ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც პროთრომბინის წარმოქმნაც შემცირებულია.

უნდა აღინიშნოს, რომ შედეგების შრატისეული კომპონენტების აღმოჩენა სრულიადაც არ ამცირებს თრომბოციტების მნიშვნელობას შედეგების რეაქციაში. თრომბოციტები მათში შემავალი მესამე ფაქტორის საშუალებით მონაწილეობენ თრომბოპლასტინის კომპლექსის შექმნაში. ისინი აუცილებელ კომპონენტს წარმოადგენენ პროთრომბინის გააქტივებისათვის. აღნიშნულის გამო პროთრომბინის ჩაბმა სისხლის შედეგების პროცესში დარღვეულია როგორც თრომბოპენური პურპურის დროს, ასევე ჰემოფილიით დაავადებულებშიც. ათრომბოციტოზი აკავებს ფიბრინოგენის გადასვლას ფიბრინად. თრომბოციტები გამოყოფენ აგრეთვე სისხლძარღვების შემავიწროებელ ნივთიერებას — სეროტონინს და ბოლოს რექტრაქტონინის, რომელიც იწვევს კოლტის რეტრაქციას.

ამჟამად თრომბოციტებით მდიდარი და ღარიბი პლაზმის მიღების შესაძლებლობამ და ფაზო-კონტრასტულმა და ელექტრონულმა მიკროსკოპიამ საშუალება მისცა მკვლევარებს უფრო ახლო გაეცნონ თრომბოციტების მორფოლოგიურ და ფუნქციურ თავისებურებებს.

შრატის VII, ე. წ. სტაბილური ფაქტორის ნაკლებობის ცალკეული შემთხვევები აღინიშნება ღვიძლის დაავადებების დროს, ავტამინოზისას, დიკუმარინის მიღების შემდეგ, ახალშობილებში და აგრეთვე სხივური დაავადების დროს [5, 6].

ელვისებური პურპურისა და ღვიძლის დაავადების დროს შეიძლება განვითარდეს ლაბილური ფაქტორის ნაკლებობა, რასაც ჰემოფილიის მსგავსი მდგომარეობა მოჰყვება. კლასიკური ჰემოფილიისაგან განსხვავებით, კონსერვირებული სისხლის გადასხმა ამ შემთხვევებში უშედეგოა, ვინაიდან ლაბილური ფაქტორი სისხლის კონსერვაციისა და გაშრობის დროს ქრება. საჭიროა აღინიშნოს, რომ კონსერვაციისა და გაშრობის პირობებში აქტიურობას კარგავს ანტიჰემოფილური გლობულინიც. ის უკეთ ინახება გაყინვით გაშრობისას.

თითოეული ზემოთ აღნიშნული ფაქტორი ხასიათდება ქიმიური თავისებურებებით, რომლებიც გამოიყვანებიან დაღეჟვის, ფრაქციონირებისა და ფილტრში გატარების საშუალებით და აგრეთვე შედეგეაას პროცესში მათი მოქმედებისა მიხედვით. მაგალითად, II და V ფაქტორი გამოიყენება უშუალოდ შედეგების პერიოდში, VII ფაქტორი კი ამ დროს შეუცვლელი რჩება. ეს ფაქტორები ურთიერთგანსხვავდებიან აგრეთვე მათი რეზისტენტობის მიხედვით შენახვისა და გათბობისადმი.

ამ ფაქტორთა აღმოჩენით შესაძლებელი გახდა ღვიძლის დაავადებების დროს სისხლის შედეგების სისტემაში განვითარებული ცვლილებების ახსნა. ამ ცვლილებათა არსის არცოდნა ხშირად ზღუდავდა ღვიძლზე ოპერაციულ ჩარევათა შესაძლებლობას, განსაკუთრებით კი სისხლის გადასხმის გამოყენების ერთმდე. ამჟამად ასეთ შემთხვევებში ფართოდ გამოიყენება არა მხოლოდ სისხლის, პლაზმისა და შრატის გადასხმა, არამედ აგრეთვე სისხლისაგან დამზადებული სხვადასხვა პრეპარატები, როგორცაა: სისხლის დენის შემაჩერებელი ღრუბელი. შედეგების ფაქტორების შემცველი სისხლის აპკეი და სხვა. თრომბოპენინის შემთხვევებში წარმატებით მიმართავენ თრომბოციტური მასის გადასხმას, სურავანდის დროს იყენებენ C ვიტამინს, K ავიტამინოზისას — ვიკასოლს. სისხლის, პლაზმისა თუ შრატის გადასხმის არჩევისას საჭიროა სათანადო ნაკლოვანი ფაქტორის თავისებურებათა გათვალისწინება. მაგალითად, V, ლაბილური ფაქტორის ნაკლებობისას აუცილებელია ახლადღებულის სისხლის

გადასხმა, VII, სტაბილური ფაქტორის ნაკლებობისას შეიძლება გადაისხას კონსერვირებული სისხლიც VIII, ანტიჰემოფილური ფაქტორის ნაკლებობისას საჭიროა არა უგვიანეს რამდენიმე დღის ხანდაზმულობის სისხლის გადასხმა. მშრალი პლაზმის გამოყენებისას კი უპირატესობა ეძლევა გაყინვით გაშრობილ პლაზმას, დაბოლოს, პროთრომბინის სიმცირობისას საჭიროა პლაზმის და არა შრატის გადასხმა.

უკანასკნელ ხანს გახშირდა ჰემორაგიული დიათეზის საწინააღმდეგო მდგომარეობა — თრომბოზები, რომლებთანაც ბრძოლა უფრო ძნელია, ვიდრე სისხლის დენასთან.

თრომბოზის განვითარების დიდ ნაწილში მნიშვნელობა ეძლევა ე. წ. ზედაპირულ ფაქტორს, რომელიც ჯერ კიდევ შეუსწავლელია. უდავოა, რომ სისხლძარღვთა მექანიკური, ანთებადი ან ათერომატოზული დაზიანება ააქტივებს სისხლში არსებულ ფერმენტებს და ხელს უწყობს შედედებას. ზოგიერთ შემთხვევაში კი, მაგალითად მუცლის ტიფის დროს, აღინიშნება სისხლის შედედების ანტაგონისტის — ჰეპარინის ნაკლებობა.

ფიზიოლოგიურ პირობებში თრომბები არ წარმოიქმნება. სისხლძარღვთა ჭრილობების შემთხვევებში თრომბი წარმოიქმნება დაზიანების ადგილზე. თრომბინის ზედმეტი რაოდენობა აღსორბირდება ფიბრინის კოლტის მიერ და ამრიგად შედედების პროცესი წყდება.

სისხლის თხევადი მდგომარეობა განპირობებულია სისხლის შედედების ხელის შემწყობი და დამაბრკოლებელი ფაქტორების წონასწორობით. ჰეპარინი, მაგალითად, აბრკოლებს თრომბინ-ფიბრინოგენის რეაქციას, დიკუმარინი — პროთრომბინის სინთეზს ღვიძლში, დაბოლოს ფიბრინოლიზინი შლის გამოყოფილ ფიბრინს. სავარაუდებელია, რომ არსებობს სხვა ფაქტორების ანტაგონისტებიც, მაგრამ ისინი ჯერ არ არიან შესწავლილი.

თრომბოზი, რომელიც წარმოადგენს ორგანიზმის თავდაცვით რეაქციას ჭრილობების შემთხვევაში, სახიფათო მოვლენად იქცევა სისხლძარღვების დიფუზიური თრომბიზებისას ოპერაციების შემდეგ და ინფექციური დაავადებების დროს, განსაკუთრებით კი ელენთის, გულისა და ტვინის სისხლის ძარღვების თრომბიზებისას.

შემჩნეულია, რომ სისხლის სტაზის შემთხვევებში, რომელიც ვითარდება ავადმყოფის საწოლში იმობილიზაციის დროს, მჭიდრო ნახვევის დადებისას, ან სუნთქვისა და ცირკულაციის გაძნელების პირობებში, სისხლში მატულობს შემაღლებელი ფაქტორების რაოდენობა, იზრდება სისხლის წებოვნება, სისხლის ნაკადში ჩნდება ერითროციტების გროვები. თუ ამავე დროს რაიმე პროცესით დაზიანდა სისხლძარღვთა კედელი, შეიქმნება ხელსაყრელი პირობები თრომბების წარმოსაქმნელად. ამ მხრივ დიდი მნიშვნელობა ეძლევა სისხლძარღვთა ათერომატოზს. მნიშვნელობა აქვს ნერვულ ფაქტორსაც, რომელიც სისხლძარღვთა შევიწროებას იწვევს. შემჩნეულია, მაგალითად, რომ მანქანის მძღოლები უფრო ხშირად ავადდებიან, ვიდრე კონდუქტორები.

აღნიშნული მდგომარეობის პროფილაქტიკის მიზნით ქირურგიულ პრაქტიკაში მოწოდებულია ადრე ადგომა, სამკურნალო ვარჯიში და ანტიბიოტიკების გამოყენება ინფექციის პროფილაქტიკისათვის.

რაც შეეხება მკურნალობას, ის მიმათუთლია არა უკვე არსებული თრომბოზების აღაგებისაკენ, არამედ ახალი თრომბების წარმოქმნის საწინააღმდეგოდ.

სამკურნალოდ გამოიყენება ორი ჯგუფის ანტიკუაგულანტები:

1) ჰეპარინი, რომელიც აბრკოლებს თრომბინ-ფიბრინოგენის რეაქციას სისხლში და



2) დიკუმარინი, რომელიც მოქმედებს პროთრომბინისა და VII სტაბილურ ფაქტორის წარმოქმნაზე ღვიძლში.

მკურნალობა უნდა ტარდებოდეს სისხლის შედედების მკაცრი კონტროლით, ვინაიდან წამლის ჭარბი რაოდენობა იწვევს სისხლის დენას და ზოგჯერ თრომბოზის გავრცელებას. სასურველია აგრეთვე მეთვალყურეობა პროთრომბინისა და VII ფაქტორის შეცულობაზე სისხლში და მის მოხმარებაზე. დიკუმარინის მოქმედება ვლინდება ღვიძლში მათი დაგროვებისა და მიხედვით, ე. ი. წამლის მიღებიდან 48—72 საათის შემდეგ.

პროთრომბინის განსაზღვრის რეაქციისათვის საჭიროა არაკარბოლიზებულ თრომბოპლასტინის გამოყენება, ვინაიდან pH იცვლება მჟაბისაკენ. ასეთი თრომბოპლასტინი მზადდება პასტერის სადგურში. ამჟამად მშრალი თრომბოპლასტინის გამოყენება პროთრომბინის მიკრომეთოდით განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

მიუხედავად მკვლევართა დიდი ყურადღებისა სისხლის შედედების პრობლემისადმი (საკმარისია აღინიშნოს, რომ 1953—54 წლებში ამ საკითხზე გამოქვეყნებულია 600-ზე მეტი შორმა), ამ მეტად რთულ პროცესის მექანიზმი დღემდე არ არის ბოლომდე ნათელი.

ჰემორაგიული დიათეზებისა და თრომბოემბოლური პროცესების მკურნალობის არსებული მეთოდები უძლურია გამოიწვიოს დარღვეული წონასწორობის სრული და ხანგრძლივი აღდგენა. ექიმის დახმარება ამ შემთხვევაში მხოლოდ დროებით გაუმჯობესებას იძლევა. ერთდერტ გამონაკლისს ამ მხრივ სურავანდი წარმოადგენს, რომლის სრული განკურნება და აგრეთვე პროფილაქტიკა შესაძლებელია.

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

(რედაქციას მოუვიდა 29 5.1958)

დაამოწმებული ლიტერატურა

1. M. Stefanini and N. Damachek. The hemorrhagic disorders. 1955, 368.
2. Б. А. Кудряшев. О новом компоненте в процессе свертывания крови. ДАН СССР № 8, 1948, стр. 1469—1472.
3. R. Biggs, R. Macfarlane. Human blood coagulations and its disorders. 1957, p. 486.
4. F. Collier. Physiology and pathology of blood coagulation. „Acta haematologica“ N 1, 1956, p. 46—104.
5. Е. Я. Шимонаева. Сравнительное изучение свойств тромботропина, Ас—глобулина и фактора VII. Автореферат. Москва, 1957.
6. Б. А. Кудряшев. Кровоточивость и меры борьбы с ней при ранении паренхиматозных органов в условиях экспериментальной лучевой болезни, „Хирургия“, № 10, 1957.

მასპარტიზო მემორიალი

ი. ანდლუაძე

 ლუგელას მინერალური წყლის გავლენა მუცლის ღრუს ექსუდატის
 ლეიკოციტების ფაგოციტოზურ უნარიანობასა და უჯრედოვან
 უმადგენლობაზე¹

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა კ. ჩიქოვანმა 27.8.1958)

როგორც ცნობილია, ფაგოციტოზის მაღალი მაჩვენებლების დროს ავადმყოფი მნიშვნელოვან წინააღმდეგობას უწევს ინფექციას, რაც აპირობებს ავადმყოფური პროცესის კეთილთვისებიან მიმდინარეობას. ამის გამო საესე-ბით გამართლებულია იმ ფაქტორთა და ნივთიერებათა გამოვლინება, რომლებიც ხელს უწყობენ ორგანიზმში ლეიკოციტების ფაგოციტურ აქტივობის გაძლიერებას.

მრავალი ავტორის მიერ შესწავლილია ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობაზე სხვადასხვა ნივთიერებათა გავლენის საკითხი როგორც მისი გაძლიერების, ისე დაქვეითების თვალსაზრისით.

ამ მიმართულებით შესწავლილ იქნა ლეიკოციტების ფაგოციტოზზე ქლორკალციუმის მასტიმულირებელი მოქმედება (დიტირევი, პლატონოვი, პამბურგერი). გ. პლატონოვი ტუბერკულოზურ ავადმყოფთა 14—32%-ში აღნიშნავს ქლორკალციუმის ინექციების ზეგავლენით ლეიკოციტების ფაგოციტური უნარიანობის მომატებას.

იმის გამო, რომ ლუგელას მინერალური წყალი „ეს მზა ბუნებრივი სიმდიდრე“, დიდი რაოდენობით შეიცავს ქლორკალციუმს (ქლორკალციუმის 46 გრ. ერთ ლიტრზე), ჩვენ დაგვიინტერესა, თუ რა გავლენას ახდენს ეს სამკურნალო წყალი ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობაზე ტუბერკულოზური ჩხირების მიმართ.

მაგრამ, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ლუგელას მინერალური წყალი, გარდა ქლორკალციუმისა, შეიცავს რიგ ინგრედიენტებს, რომლებიც მას, უნდა ვიფიქროთ, განსაკუთრებულ თვისებებს აძლევენ და გამორიცხავენ შესაძლებლობას ჩავთვალოთ ლუგელა ქლორკალციუმის 10%-იანი ხსნარის სრულ შემცველად, ბუნებრივია, რომ ჩვენი დაკვირვების შედეგები შესაძლებელია არ დაემთხვეს ლიტერატურულ მონაცემებს ლეიკოციტების ფაგოციტოზზე ქლორკალციუმის სააფთიაქო ხსნარის გავლენის შესახებ.

რასაკვირველია, ეს დააზუსტებს და გაამდიდრებს მონაცემებს ლუგელას მინერალური წყლის სამკურნალო გამოყენების შესახებ.

მუცლის ღრუს ექსუდატის ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობასა და უჯრედოვან უმადგენლობაზე ლუგელას მინერალური წყლის გავლენის სა-

¹ ექსპერიმენტული ცდები ჩატარებულია სსრ კავშირის მედიცინის მეცნიერებათა აკადემიის ტუბერკულოზის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის პათ-ფიზიოლოგიურ ლაბორატორიაში (გამგე პროფ. გ. პლატონოვი) და საქართველოს სსრ ტუბერკულოზის ინსტიტუტის ექსპერიმენტულ განყოფილებაში.

კითხის გადასაწყვეტად დაკვირვებები ჩატარდა ერთი ასაკის, სქესისა და თითქმის ერთნაირი წონის ზღვის გოჭების მუცლის ღრუში ტუბერკულოზის მიკრობაქტერიების კულტურის შეყვანის დროს.

ლუგვას მინერალური წყლის გავლენა შესწავლებოდა მწვავე ცდებში. ცდებისათვის გამოვიყენეთ 18 ზღვის გოჭი ექვს-ექვსი I და II და სამ-სამი III და IV ჯგუფებში.

საკონტროლო ჯგუფის ზღვის გოჭები (I ჯგუფი) იღებდნენ ფიზიოლოგიური ხსნარის 1 მლ-ს, II ჯგუფისა — ლუგვას მინერალური წყლის 0,15 მლ/კგ, III ჯგუფისა — 0,75 მლ/კგ, IV ჯგუფისა — 1,5 მლ/კგ, per os, 6 დღის განმავლობაში.

მე-7 დღეს საცდელი ცხოველების მუცლის ღრუში შეგვყავდა ცოცხალი ტუბერკულოზური მიკრობაქტერიების (typus bovinus) ემულსია 2 მგ 2 მლ ფიზიოლოგიურ ხსნარში. მუცლის ღრუში წარმოშობილ ექსუდატს ვიკვლევდით 1, 2, 3, 5, 24, 48, 72 საათის, 5, 8, 11, 13, 16 და 20 დღის შემდეგ. ცდის პერიოდში გრძელდებოდა ზღვის გოჭებისათვის ფიზიოლოგიური ხსნარისა და ლუგვას მინერალური წყლის მიცემა.

ექსუდატს ვიღებდით შემდეგნაირად: ზღვის გოჭებს მარჯვენა ჰიპოქონდრურ მიდამოში ეპარსავდით ბეწვს, კანს ვჩხვლევდით დამოკლებული ნემსით, რომელსაც ჰქონდა საკმარისი სიგანე ამ ნაჩხვლევტში პასტერის კაპილარული პიპეტის შესაყვანად; პერიტონეუმზე პიპეტის მახვილი კიდის დაწოლით ვჩხვლევდით მას, ვიღებდით ექსუდატის რამდენიმე წვეთს, ვამზადებდით ნაცხებს, რომლებსაც მეთილის სპირტში 5-წუთიანი ფიქსაციის შემდეგ ვღებავდით კარბოლის ფუქსინით, ვაუფერულებდით 3%-იანი მარილმყავა სპირტით, რის შემდეგ 15 წუთის განმავლობაში კვლავ ვღებავდით აზურეოზინით.

ჩატარებული ცდების შედეგების აღრიცხვის დროს თითოეულ პრეპარატში ვსაზღვრავდით ექსუდატის ლეიკოციტარულ ფორმულას და ცალცალკე პოლინუკლეარების, მონოციტებისა და ეოზინოფილების ფაგოციტურ ინდექსს (მაფაგოციტირებელი ელემენტების შეფარდება ამა თუ იმ ფორმის ლეიკოციტების საერთო რიცხვთან). ლეიკოციტულ ფორმულას ვიყვანდით და მაფაგოციტირებელ ელემენტებს ვთვლიდით 100—200—400 უჯრედში, რაც დამოკიდებული იყო ნაცხში ფორმიანი ელემენტების რაოდენობისაგან.

ვაჯამებდით რა ერთსა და იმავე ჯგუფის ცალკეული ზღვის გოჭის ფაგოციტურ ინდექსს, მიღებულს კულტურის შეყვანის გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ, ამ ჯამს ვყოფდით საცდელ ცხოველების რიცხვზე და ვიღებდით საშუალო ფაგოციტურ ინდექსს მოცემული ჯგუფის ცხოველებისათვის.

ცდების შედეგებმა აჩვენა შემდეგი: II და III ჯგუფის ზღვის გოჭების როგორც პოლინუკლეარების, ისე მონოციტების ფაგოციტური ინდექსი გაცილებით მაღალია, ვიდრე საკონტროლოსი და IV ჯგუფის ზღვის გოჭებისა.

ლუგვას მინერალური წყლის მცირე დოზები (0,15 და 0,75 მლ/კგ) მნიშვნელოვნად აძლიერებს ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობას.

ამ ჯგუფის საცდელ ცხოველებში ტუბერკულოზის მიკრობაქტერიების ფაგოციტოზი პოლინუკლეარებისა და მონოციტების მიერ (უკანასკნელი მხოლოდ II ჯგუფის ცხოველებში) იწყება პირველივე ორი საათიდან და აღწევს უმაღლეს რიცხვებს (ცხრილი 2, 3).

საკონტროლო ცხოველებში მონოციტების ფაგოციტური უნარიანობა 5 სათამდე არ აღინიშნება, პოლინუკლეარების ფაგოციტოზი კი გამოხატულია სუსტად (ცხრილი 1). ასე, მაგალითად, საკონტროლო ზღვის გოჭების მონოციტების ფაგოციტური ინდექსი პირველ სამ საათში უდრის ნულს, მაქსიმალური რიცხვი კი აღწევს მხოლოდ 8,6-სა და 7,24-ს (24 და 72 საათი, ცხრილი 1); იგი-

საკონტროლო ჯგუფის უჯრედოვანი რეაქცია და ფაგოციტოზი

დრო	ფაგოციტური ინდექსი			ექსუდატის უჯრედოვანი შემადგენლობა %-ით			
	პოლინუკლეარები	მონოციტები	ეზინოფილები	პოლინუკლეარები	მონოციტები	ლიმფოციტები	ეზინოფილები
1 საათი	2,7	0	0	14,89	1,05	78,24	5,82
2 "	6,33	0	0	74,28	1,41	17,91	6,4
3 "	2,44	0	0	81,33	3	15,1	0,57
5 "	1,25	1,3	6,6	79,83	6,83	11,69	1,68
24 "	4,22	8,6	0	76,78	20,81	1,1	1,31
48 "	1,23	4,1	0	49	41,6	6,65	2,75
72 "	1	7,24	0	27,74	46,29	25,88	0,09
5 "	0	1,94	0	12,33	46,66	39,55	1,51
8 "	0	2,7	0	10,5	25,41	62,75	1,34
11 "	0	0	0	7,76	16,58	74,25	1,41
13 "	0	2,9	0	4,5	14,66	80,5	0,34
16 "	0	0	0	3,33	3	93,67	0
20 "	0	0	0	3,66	5	91,34	0

ვე ინდექსი 0,15 მლ/კგ ლუგელას მინერალური წყლის ზეგავლენით აღწევს 33,82-სა და 33,9-ს (1 და 2 საათი), 8,7-სა და 10,65-ს (24 და 72 საათი), (ცხრილი 2).

იმ ცხოველებში, რომლებიც ლუგელას მინერალურ წყალს იღებდნენ დოზით 0,15 მლ/კგ, პოლინუკლეარების ფაგოციტური უნარიანობა უდრიდა მაქცხრილი 2

II ჯგუფის უჯრედოვანი რეაქცია და ფაგოციტოზი (მომზადებული 0,15 მლ/კგ ლუგელას მინერალური წყლით)

დრო	ფაგოციტური ინდექსი			ექსუდატის უჯრედოვანი შემადგენლობა %-ით			
	პოლინუკლეარები	მონოციტები	ეზინოფილები	პოლინუკლეარები	მონოციტები	ლიმფოციტები	ეზინოფილები
1 საათი	14,78	33,82	8	30,16	10	36,41	3,43
2 "	28,8	33,9	7	77,33	2,66	16,01	4
3 "	10,49	0,17	2	78,09	2,08	16,79	3,04
5 "	4,76	14,6	0	86,16	8,33	4,75	0,76
24 "	6,77	8,7	3,14	64,8	30,5	3,03	1,67
48 "	5,76	11,75	0	48,29	36,54	14,58	0,59
72 "	0,88	10,65	0	37,4	39,79	22,02	0,79
5 "	2,02	7,46	0	20,25	29,33	49,76	0,66
8 "	1,43	4,65	0	32,43	11,5	55,33	0,74
11 "	0	0	0	10,58	6,16	83	0,26
13 "	0,36	4,66	0	15,75	5,5	78,75	0
16 "	2,33	0	0	6,5	4	89,5	0
20 "	0	0	0	9	3,33	87,67	0

სიმაღლურად 28,8-ს, ნაცვლად 6,33-სა საკონტროლო ცხოველებში (ცხრილი 1, 2). კიდევ უფრო მეტად არის გამოხატული პოლინუკლეარების ფაგოციტური უნარიანობა III ჯგუფის საცდელ ცხოველებში, რომლებიც იღებდნენ 0,75 მლ/კგ ლუგელას მინერალურ წყალს. მაგალითად: III ჯგუფის ზღვის გოჭებში პოლინუკლეარების ფაგოციტური უნარიანობა უდრიდა 27,3-სა და 32,37-ს

(1 და 2 საათი, ცხრილი 3), ნაცვლად 14,78-სა და 28,8-სა (1 და 2 საათი) პოლიუქლენარების ფაგოციტური ინდექსისა II ჯგუფის ზღვის გოჭებში (ცხრილი 2, 3).

ცხრილი 3

III ჯგუფის უჯრედოვანი რეაქცია და ფაგოციტოზი (ნონზადებული 0,75 მლ/კგ ლუგელას მინერალური წყლით)

დრო	ფაგოციტური ინდექსი			ექსუდატის უჯრედოვანი შედგენილობა %/ით			
	პოლიუქლენარები	მონოციტები	ეზინოფილები	პოლიუქლენარები	მონოციტები	ლიმფოციტები	ეზინოფილები
1 საათი	27,3	4,3	5,8	22,08	2,42	72,25	3,25
2 "	32,37	0	0	75,33	2,22	21,77	0,68
3 "	8,75	0	11,1	85,8	1,25	11,25	1,7
24 "	7,47	8,62	0	63,66	30,25	5,75	0,34
48 "	3,03	14,08	16	39	48,16	12,5	0,34
72 "	5,3	13,46	0	36	28,66	25,33	0,01

II და III ჯგუფის ზღვის გოჭების პოლიუქლენარებისა და II ჯგუფის ზღვის გოჭების მონოციტების ფაგოციტური უნარიანობა პირველ ორ საათში მკვეთრადაა მომატებული, სამი საათისათვის პოლიუქლენარების ფაგოციტური უნარიანობა თითქმის ყველა შემთხვევაში, ხოლო II ჯგუფის ცხოველებისათვის მონოციტების ფაგოციტური უნარიანობაც მკვეთრად ქვეითდება შემდგომი დროებითი ტალღით.

ცდის მე-13 დღისათვის II ჯგუფის ზღვის გოჭების მონოციტების ფაგოციტური უნარიანობა, საკონტროლო ცხოველებთან შედარებით, უფრო მეტადაა გამოხატული; პოლიუქლენარების ფაგოციტოზი კი ვეღარ აღწევს პირველი სამი საათის რიცხვებს და ზოგჯერ მცირედი მომატებით გამოხატულია მე-16 დღესაც კი, მაშინ როდესაც საკონტროლო ცხოველებში პოლიუქლენარების ფაგოციტოზი 72 საათის შემდეგ აღარ აღინიშნება.

როგორც ცდებიდან ჩანს, ლუგელას მინერალური წყლის დოზები (0,15 მლ/კგ) გარდა იმისა, რომ აძლიერებს ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობას, აგრეთვე ახანგრძლივებს მას.

სხვაგვარად გამოიყურება IV ჯგუფის ზღვის გოჭების ფაგოციტური მაჩვენებლების სურათი, რომლებიც იღებდნენ ლუგელას მინერალურ წყალს ათჯერ უფრო მეტი დოზებით, ვიდრე II ჯგუფის ცხოველები.

IV ჯგუფის ზღვის გოჭებში მიღებული მონაცემები თითქმის არ განსხვავდება საკონტროლო ცხოველების მონაცემებისაგან, უფრო მეტიც — მათი ფაგოციტური უნარიანობა უფრო სუსტადაა გამოხატული (ცხრილი 4, 1).

რაც შეეხება ეოზინოფილების ფაგოციტურ უნარიანობას, იგი რაიმე კანონზომიერების გარეშე აღინიშნება, მაგრამ არა ყოველ შემთხვევაში.

საშუალო ფაგოციტური ინდექსების მერყეობა, მისი განსაზღვრის დროისგან დამოკიდებულებით, გვიჩვენებს, რომ ორგანიზმში ტუბერკულოზის ჩხირების ფაგოციტოზი ხასიათდება მომატების ორი პერიოდით. პირველი პერიოდი აღწევს ზღვარს კულტურის შეყვანის 2 საათის შემდეგ, მეორე კი — 24 საათის შემდეგ.

რაც შეეხება უჯრედოვან შემადგენლობას, თუკი ექსუდატი ტუბერკულოზის მიკრობაქტერიების 2 საათის შეყვანის შემდეგ ხასიათდება პოლიუქლენარული რეაქციით — მიკროფაგების ფაზა (74,28%, 81,25% და მეტიც), მეორე პერიოდის დასაწყისისათვის მკვეთრადაა გამოხატული მონოციტარული რეაქ-

ცხრილი 4

IV ჯგუფის უჯრედოვანი რეაქცია და ფაგოციტოზი (მომზადებული 1,5 მლ/კგ ლუგელას მინერალური წყლით)

დრო	ფაგოციტური ინდექსი			ექსულატის უჯრედოვანი შემადგენლობა %-ით			
	პოლინუკლეარები	მონოციტები	ეზინოფილები	პოლინუკლეარები	მონოციტები	ლიმფოციტები	ეზინოფილები
1 საათი	0	2,36	0	17	4,66	74,83	3,51
3 "	1,73	10,53	0	81,25	2,41	15,91	0,43
5 "	1,86	8,56	0	83,25	11,5	5,16	0,09
48 "	3,06	5,83	0	37,08	43,86	19,06	0
72 "	0	6,36	0	19,41	47,16	32,83	0,6
5 "	0,59	4,7	0	23,66	54,58	21,76	0
8 "	0	1,09	0	22,58	11,16	66,26	0
11 "	0	0	0	13,75	5,75	80,08	0,42
13 "	0	0	0	5,83	9,75	84,42	0
16 "	0	0	0	2,16	4,83	93,01	0
20 "	0	0	0	3,5	7,16	89,34	0

ცია — მაკროფაგების ფაზა (20,81% და 30,25%). მეორე პერიოდი ხასიათდება პოლინუკლეარებთან შედარებით მეტად გამოხატული მონოციტების ფაგოციტური უნარიანობით, მაგრამ I პერიოდშიც II და IV ჯგუფის ზღვის გოჭებში ფაგოციტირებულ ტუბერკულოზური ჩხირების დიდი % მოდის კვლავ მონოციტებზე. მე-8 და მე-11 დღიდან მონოციტური რეაქცია ნორმალისირდება. ამ პერიოდში აღინიშნება ლიმფოციტოზი (80,08%, 93,91%), რაც აგრეთვე გამოხატულია პირველივე საათიდან, მკვეთრად ეცემა რა 11 საათისათვის, დიდი ხნით რჩება დაბალ რიცხვებზე.

პოლინუკლეარული რეაქცია გამოხატულია სუსტად.

უნდა აღინიშნოს, რომ საერთოდ ექსულატის უჯრედოვანი შემადგენლობა პირველი ორი საათის განმავლობაში ძალზე ღარიბია, მოგვიანებით კი (განსაკუთრებით 48 და 72 საათისათვის), პირიქით, მდიდარია უჯრედებით.

დასკვნები

1. იმ ზღვის გოჭების ფაგოციტური მაჩვენებელი, რომლებიც იღებდნენ ლუგელას მინერალურ წყალს მცირე დოზებით (0,15 და 0,75 მლ/კგ) უფრო მაღალია, ვიდრე საკონტროლო ცხოველებში.
2. ლუგელას მინერალური წყლის დიდი დოზების გავლენით ლეიკოციტების ფაგოციტური უნარიანობა რამდენადმე დაბალია საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით.
3. ეზინოფილების ფაგოციტური უნარიანობა აღინიშნება იშვიათად.
4. ლუგელას მინერალური წყალი აშკარად ცვლის რა ზღვის გოჭების ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობას მისი გაძლიერების მხრივ, თითქმის არ მოქმედებს ექსულატის უჯრედოვან შემადგენლობაზე.
5. მიღებული მონაცემების საფუძველზე მიზანშეწონილია ლუგელას მინერალური წყლის გამოყენება აქტიური მეზენქიმის მშთანთქმელი ფუნქციის, ე. ი. ფაგოციტური უნარიანობის გაძლიერების მიზნით.

ექიმთა დახელოვნების
თბილისის სახელმწიფო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 27.8.1958)

მასპერიმენტული მიღწინა

თ. საპაშვილი

რედუცირებული სისხლის მიმოქცევის მასპერიმენტული
გამოკვლევა

(წარმოადგინა საპატიო აკადემიკოსმა ვ. ვორონიჩმა 2.9.1958)

როგორც ცნობილია, მკვებავი არტერიის დაზიანებისას საუკეთესო იქნებოდა მისი სანათურის აღდგენა, მაგრამ ეს ყოველთვის როდია შესაძლებელი და მამინ ქირურგი დაშავებული სისხლძარღვის განასკვას მიმართავს.

თავისთავად იოლ ამ ოპერაციას ის საფრთხე ახლავს, რომ ლიგატურის დისტალურად მდებარე ქსოვილების კვება ირღვევა და ვართულება მათ ნეკროზამდე მიდის. ამის ასარიდებლად სხვადასხვა ხერხი იხმარება და მათ შორის თანამოსახელე ვენის განასკვასაც მიმართავენ.

არტერიის განასკვასთან ერთად თანამოსახელე ვენის განასკვის მეთოდის შესწავლა და დამუშავება რუსი მეცნიერი ვ. ოპელის დამსახურებას შეადგენს. ამ გზით შექმნილ სისხლის მიმოქცევას ვ. ოპელმა რედუცირებული უწოდა.

თავის დროზე რედუცირებული სისხლის მიმოქცევის საკითხი ფართო მსჯელობის საგნად იყო გამხდარი როგორც ქირურგიულ, ისე ფიზიოლოგიურ ლიტერატურაში. მაგრამ საქმე ისაა, რომ დაკვირვება ძირითადად კიდურებზე წარმოებდა, კიდურები კი ქსოვილთა რთულ კომპლექსს წარმოადგენს; ასეთ ვითარებაში ვერ იყო უზრუნველყოფილი ის მომეტებული თვალსაჩინოება, რაც ამ შემთხვევაში აუცილებელია. ამიტომ ადგილობრივი სისხლის მიმოქცევის ცვლილებები რედუცირებული სისხლის მიმოქცევის პირობებში ასე თუ ისე შეუსწავლელი დარჩა, ხოლო მათი მექანიზმის ასახსნელად წამოყენებული მოსაზრებანი ნაკლებად დამაკმაყოფილებელია და სპეკულაციურ ხასიათს ატარებს.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ ექსპერიმენტულად გამოგვეკვლია, თუ რა მიზეზია, რომ თანამოსახელე ვენის განასკვა კეთილმოყოფილად მოქმედებს იმ პათოლოგიურ პროცესებზე, რომლებიც მკვებავ არტერიაზე დადებული ლიგატურის დისტალურად მდებარე ქსოვილებში ვითარდებიან. უცნაურად ჩანდა, რომ ორი პათოლოგიური პროცესი — ისხემია და ვენური შეგუება — ერთად მიმდინარე უფრო სასიკეთოდ მთავრდება, ვიდრე ცალ-ცალკე.

ჩვენი კვლევისათვის საჭირო იყო ისეთი ობიექტი, რომელიც ადგილობრივი სისხლის მიმოქცევის საკვებით თვალსაჩინო სურათს მოგვცემდა. ასეთ ობიექტს ბოცვრის ყური წარმოადგენს; იგი შესაძლებლობას იძლევა თვალდათვალ დავაკვირდეთ ყველა ცვლილებას ჩარევის დასაწყისიდან შესასწავლი პროცესის საბოლოო დასრულებამდე. ამიტომ ჩვენი ცდები სწორედ ბოცვრის ყურზე წარმოებდა.

ექსპერიმენტის დაწყებამდე იზომებოდა ბოცვრის ყურის 1^o და ლეიტციის კატეტომეტრით ირკვეოდა გასანასკვი სისხლძარღვების დიამეტრი შიფის რხევის პიპრემიის სტადიაში; იზომებოდა აგრეთვე სისხლის წნევა იმავე სისხლძარღვებში.

ამის შემდეგ ინასკვებოდა ყურის უკანა არტერია და ყველა მისი თვალით სახილავი შტო (პირველი სერიის ცდებში), ყურის უკანა არტერია და თანამოსახელე ვენა მათი თვალით სახილავი შტოებით (მეორე სერიაში).

პირველი სერიის ცდებში, ე. ი. მაშინ, როდესაც ძარტო არტერიული სისხლძარღვები ინასკვებოდა, ლიგატურის დისტალურად აღინიშნა ყურის ქსოვილის მკვეთრი გაფერმკრთალება და 1° დაცემა; სისხლძარღვები ძლივს და ჩანდა და მათი დიამეტრის, ასევე სისხლის წნევის გაზომვა მათში შეუძლებელი იყო. მაშასადამე, დაკვირვების ეს უბანი მკვეთრად გამოსახული ისხემიის მოვლენებს წარმოგვიდგენდა.

24 საათის შემდეგ ყურის დისტალური ნაწილი ჩამოჰკნებოდა; მასთანვე იგი რამოდენადმე შეშუპებული იყო. როგორც თვითონ ყურის მიკროსკოპიამ, ისე შეშუპების სითხის გასინჯვამაც ლეიკოციტები აღმოაჩინა (ლეიკოციტების ანთებითი ემიგრაცია), მართალია არცთუ დიდი რაოდენობით.

შემდეგ დღეებში ყურის ქსოვილში ლეიკოციტები ქრებოდა; ყურის დისტალური ნაწილი ნელ-ნელა მკვირივდებოდა, ხმებოდა და მოშავოდ იფერებოდა; მეორე-მესხუთე დღეს ნეკროზი ვითარდებოდა.

მეორე სერიის ცდებში, ე. ი. არტერიასთან ერთად თანამოსახელე ვენის განასკვისას, თუმცა ყურის დისტალური ნაწილი მაინც ფერმკრთალებოდა. მაგრამ სისხლძარღვთა დიამეტრის გაზომვა ზოგჯერ მაინც შესაძლებელი იყო, ოღონდ სისხლის წნევის გასინჯვა ამ შემთხვევაშიც ვერ ხერხდებოდა; საცდელი არის 1° მკვეთრად ეცემოდა.

24 საათის შემდეგ ყურის დისტალურ ნაწილს გაცილებით უფრო მკვეთრად გამოსახული შეშუპება დაეტყობოდა ხოლმე, ვიდრე პირველი სერიის ცდებში; სისხლძარღვებიდან ყურის ქსოვილში გამოსული ლეიკოციტები იმდენად მეტი იყო პირველი სერიის სურათთან შედარებით, რომ მიკროსკოპია სხვა მონაცემების გარეშეც აშკარაა ვებდა, თუ რა ხასიათის ჩარევასთან გვქონდა საქმე.

მეოთხე-მესხუთე დღეს ყური თითქმის ნორმალური შესახედაობისა ხდებოდა.

შეშუპების დაცხრომის შემდეგ თვალნათლივ ჩანდა სისხლის უკუქცევითი დინება ახლად განვითარებული ეგრეთ წოდებული შორი კოლატერალებიდან (პორტას კლასიფიკაციით).

ზოგჯერ არტერიაზე დადებული ლიგატურის არეში ჩაქცეული სისხლის შეწოვის შემდეგ ჩნდებოდა პირდაპირი კოლატერალი (პორტას კლასიფიკაციითვე) — ახლად წარმოქმნილი, მორკალური არტერიული შტო, რომელიც არტერიის პროქსიმალურსა და დისტალურ, ე. ი. ლიგატურის აქეთ-იქით დაჩენილ ნაწილებს ერთმანეთს უერთებდა.

ორივე სერიის ცდებში განასკვის უმაღვე ლიგატურების პროქსიმალურად მდებარე არტერიული სისხლძარღვები განივრდებოდა, ყურის 1° რამდენადმე მატულობდა და ქსოვილი მჭახე დიფუზიური წითელი ფერისა ხდებოდა. ამრიგად ვითარდებოდა წმინდა არტერიული ჰიპერემიის მოვლენები; რაც ვენებს შეეხება, პირუკუ, მათი დიამეტრისა და სისხლის წნევის შემცირება ვლინდებოდა. შემდეგ დღეებში ეს მოვლენები ისპობოდა და ყურის პროქსიმალური ნაწილი თანდათანობით ჩვეულებრივ მდგომარეობას უბრუნდებოდა.

ჩვენმა ცდებმა გვაჩვენა, რომ ბოცვრის ყურის ყველა არტერიის განასკვის შემდეგ ლიგატურის დისტალურად უკიდურესი ანემიური ტიპის ანთება ჩნდებოდა და მას ნეკროზი მოსდევს.

ნეკროზის განვითარება ადვილად აიხსნება ქსოვილის სითხის გამომუშავების შემცირებით კაპილარებში სისხლის წნევის დაცემის გამო.

თუ არტერიის განასკვას თანამოსახელე ვენის განასკვაც დაერთო, ლიგატურის დისტალურად კვლავ ანთება ვითარდება, ოღონდ იგი ნაკლებ ანემიური ხასიათისაა, ვიდრე მარტო არტერიის განასკვისას არის ხოლმე, და ქსოვილთა ცხოველქმედების აღდგენით მთავრდება.

თანამოსახელე ვენის განასკვის სასიკეთო გავლენა შეიძლება იმით აიხსნას, რომ იგი იწვევს წნევის გადიდებას კაპილარებში, ხოლო ამის გამო ქსოვილის სითხის წარმოქმნა ძლიერდება და, მაშასადამე, ქსოვილის კვებაც უმჯობესდება.

დასასრულ, უნდა ითქვას, რომ ჩვენს მიერ მიღებული შედეგების შეფასებისას მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რასაკვირველია, ბოცვრის ყურის ადგილობრივი სისხლის მიმოქცევის თავისებურებანი. მაგრამ საფიქრებელია, რომ პროცესის მიმდინარეობა სხვა ორგანოებშიც დაახლოებით ასეთივე იქნება. ამის სასარგებლოდ ლაპარაკობს კონჰეიმის მიერ ადგილობრივი სისხლის მიმოქცევის გამოკვლევები როგორც არტერიის ემბოლიის, ისე მისი განასკვის დროს სულ სხვადასხვა ორგანოში. მისი მონაცემების მიხედვით, სხვადასხვა ორგანოში თვისობრივად ერთნაირი მოვლენები ხდება, განსხვავება მათ შორის მხოლოდ რაოდენობრივია.

თბილისის ექიმთა დახელოვნების

სახელმწიფო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.9.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. А. Богомолец. О происхождении и физиологическом значении давления крови в сосудах. Сборник трудов, посвящ. 50-летию научно-педагогической деятельности В. В. Воронина. 1941.
2. В. В. Вѣронин. Исследование о воспалении, 1897.
3. С. Коломнин. О восстановлении кровообращения у человека после перевязки больших артеральных стволов, 1869.
4. А. И. Маневский. К вопросу об изменении кровяного давления в крупных венах при перевязке соответствующих артерий, 1914.
5. Г. М. Мухадзе. К вопросу о влиянии уменьшенного круга кровообращения на общее кровяное давление. СПб, 1912.
6. В. А. Опфель. Редуцированное кровообращение. Русский врач. № 47, 1914.
7. A. N. Blekewore a. S. W. Lord. A nonsuture method of blood vessel anastomosis. Experimental and Clinical study. I. A. M. A. № 127, № 2, 1945.
8. I. Cohnheim. Untersuchungen über die embolischen processe, Berlin, 1872.
9. Gruber. Über den Collateralkreislauf vermittelnden ausweiterten arterieller anastomosen in der Ellenbogenregion: Virchows Archiv, 1884.
10. S. Samuel. Ergebnisse der pathologischen Entzündung, 1895.
11. E. Wehner. Über die peripherale Blutzirkulation während der react ven hyperämi nach Blutleere. Vil. Wschr. № 42, 1925.

ხელოვნების ისტორია

ლ. შამკაშიძე

XVI საუკუნის მართი ქართული ხელნაწერის მინიატურების
თავისებურებათა შესახებ

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. ჩუბინაშვილმა 25.7.1958)

საქართველოს სსრ ხელოვნების სახელმწიფო მუზეუმში დაცულია XVI ს. ხელნაწერი დავითნი მინიატურებით (ხელნაწერი № ი-182).

ამ ხელნაწერი დავითნის მინიატურები იმით არის საყურადღებო, რომ მათში, როგორც ეს აღნიშნულია ლიტერატურაში, პირველად იჩენს თავს ქართულ მხატვრობაში დასავლეთი ევროპის, უმთავრესად იტალიური ხელოვნების ზეგავლენა ([1], გვ. 23—28; [2], გვ. 277).

იტალიური ხელოვნების ზეგავლენა ამ მინიატურებში შეიმჩნევა ტანსაცმლის, თავსაბურავების, სამონაზნო სამოსელის, ავეჯის, ცალკეული ნაგებობებისა და სხვათა გამოსახულებაში.

ბოლოს იტალიური ხელოვნების ზეგავლენა მინიატურებში მკლავნდება ჯაგუნის, ჩაჩქანების, დაშნების და სხვა დეტალების გამოსახულებაშიც. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში აქ შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს არა გადმოღებას იტალიური სახვითი ხელოვნების ნაწარმოებებიდან. არამედ ასახული იყოს ევროპასთან დიპლომატიური კავშირის შედეგად საქართველოში იმ დროს ხმარებაში შემოსული დასავლეთ-ევროპული მატერიალური კულტურის საგნები, კერძოდ იარაღი. ამგვარი მოვლენის სრულ შესაძლებლობაზე მიუთითებს ქართულ ენაში ისეთი ტერმინების გაჩენა, როგორც „ფრანგული ხმალი“ ([3], გვ. 44—45), რითაც აღინიშნებოდა დასავლეთ ევროპიდან შემოსული ხმლები, „ლაბარდაკი, ალიბარდა“ = „hallebarde, halmbarte“ ([3], გვ. 78).

ამ ხელნაწერის მინიატურებში, გარდა ზემოაღნიშნული ელემენტებისა, შეიძლება აღინიშნოს კიდევ მრავალი ელემენტი, რომელიც იტალიური ხელოვნებიდანაა აღებული.

ამგვარი ელემენტების რიცხვს შეიძლება მივაკუთვნოთ, მაგალითად, გამოსახულება მარტორჩისა (147 ფურცლის მეორე გვერდზე), როგორც ცხენისა, რომელსაც უზღლზე რქა აქვს ამოსული, რაც ახლო პარალელს პოულობს იმდროინდელი იტალიური ხელოვნების ნაწარმოებებში; ქართული მინიატურებისათვის კი დამახასიათებელია ამ ფანტასტიკური ცხოველის გამოსახვა თხის ტანით (საქ. სახ. მუზ. ხელნაწ. H 1665 — გვ. 189, 198, ზურგის მხარე; საქ. სახ. მუზ. ხელნაწ. H 75, გვ. 51, 174; საქ. სახ. მუზ. ხელნაწ. H 2078, გვ. 58).

საქართველოში მარტორჩის ამგვარი გამოსახვის წესისა და გავრცელების შესახებ მოწმობს საქართველოს სახ. მუზეუმში დაცულ ჯრუჭის ხელნაწერ დავითნში (H 1665) მოცემული განმარტება მარტორჩის გამოსახულებისა 198 გვერდზე მოთავსებულ მინიატურაში — „მარტორქა, მსგავსი თხისა“, რაც თითქმის სიტყვა-სიტყვით იმეორებს „ფიზიოლოგის“ აღწერილობას ([4], გვ. 33, 110, 111).

როგორც იტალიური ხელოვნების ზეგავლენის მაგალითზე მიუთითებენ იმ გარემოებაზეც, რომ „დავით წინასწარმეტყველის გვერდით, ტრადიციული მუსიკალური საკრავის — ქნარის მაგიერ... დევს იტალიური ვიოლინო ხემით“ ([2], 277).

მაგრამ ამასთანავე უნდა აღინიშნოს ერთი საყურადღებო მოვლენა, სახელდობრ ის, რომ № ი-182 ხელნაწერის ყველა მინიატურაში, სადაც კი წარმოდგენილია ვიოლინოზე დამკვრელი დავით წინასწარმეტყველი (მაგ., ფურც. 1, ზურგის მხარე), მას ვიოლინო ისე არ უჭირავს, როგორც ეს ჩვეულებრივად მიღებული დაკვრის დროს, ე. ი. ნიკაპთან, როგორც ეს გამოსახულია ევროპულ მხატვართა მინაწერებში, მაგ., რაფაელის „პარნასში“, არამედ სხვაგვარად: ჩვენს მინიატურებში დავითს საკრავი დაყრდნობილი აქვს მუხლზე, მარცხენა ხელი უკიდია სახელურზე და მარჯვენით ხემს ატარებს სიმებზე, ე. ი. ისე, როგორც მიღებულია დაკვრა მთელ რიგ ეროვნულ საკრავებზე კავკასიაში — ქართულ „ჭიანჭურზე“ ([5], ნახ. 88), აფხაზურ „აფხარცაზე“ ([5], ნახ. 95), ოსურ „ფანდირზე“ ([5], ნახ. 99—101) და მრავალ სხვა მსგავს საკრავზე ([5], ნახ. 88—110).

მოყვანილი მაგალითი ნათლად გვიჩვენებს, რომ ქართველ მხატვარს თუმცა თავის მინიატურებში გამოუსახავს მისთვის უცხო, სხვა ერის საკრავი, მაგრამ იგი გადმოუცია მისთვის ცნობილი და ვასაგები საკრავის ანალოგიურად.

ეს მოვლენა უდავოდ მოწმობს ქართველი მხატვრის თვითმყოფადობას, მიუხედავად იმისა, რომ მის მინიატურებში ადგილი აქვს უცხოურ გავლენას.

იტალიური ხელოვნების ზეგავლენა ხელნაწერის მინიატურებში არ განისაზღვრება მათში ძხოლოდ უცხოური იკონოგრაფიული ნიმუშების არსებობით, ან უცხოური მატერიალური კულტურის საგნების ასახვით. დროით მახლობელი სხვა მინიატურებისაგან განსხვავებით, რომელთა მხატვრებს წმინდა სიმბრტყობრივი გააზრება აქვთ და სრულიად არა აქვთ წარმოდგენა შუქ-ჩრდილით მოდელირებაზე და მოცულობრიობაზე, აგრეთვე სივრცეზე, სიღრმეზე, პერსპექტივაზე, № ი-182 ხელნაწერის მინიატურების მხატვარი ასე თუ ისე გარკვეული ჩანს ამ საკითხებში. მაგალითად, 222 ფურცლის ზურგის მხარეზე, სადაც წარმოდგენილია ფარაონისა და მისი ჯარის დაღუპვა მეწამულ ზღვაში, კომპოზიციას დიაგონალური, სიღრმეში წასული აღნაგობა აქვს, იმ დროს როდესაც სხვა ქართულ ხელნაწერებში ეს სიუჟეტი გადმოცემულია სავსებით სიმბრტყობრივად. ადამიანების ფიგურები მინიატურებში ზოგჯერ აგრეთვე მოცულობრივადაა გადმოცემული. ისინი გამოსახული არიან რთულ მიხვრა-მოხვრაში და რაკურსში სხეულის ფორმების შუქ-ჩრდილით მოდელირებით, რაც საგრძნობლად განასხვავებს ამ ფიგურებს სხვა მრავალი ხელნაწერის მინიატურებში სიმბრტყობრივად გადმოცემული ფიგურებისაგან. ამის გამო ჩვენს მინიატურებს სტილისტიკურად სავსებით განსაკუთრებული ადგილი ენიჭება.

მაგრამ იტალიური ხელოვნების ზეგავლენის ზემოაღნიშნული მომენტები არ შეიძლება ჩაითვალოს მხატვრის პირადი შემოქმედებიდან ორგანულად გამომდინარედ, არამედ ისინი უნდა განვიხილოთ როგორც გარედან ათვისებული და წმინდა მიმბაძველობითი. მით უფრო, რომ ზემოაღნიშნული მომენტები მყარ მოვლენას არ შეადგენს ი-182 ხელნაწერის მინიატურებში. მოცულობრივად და სივრცობრივად მოცემულ ფიგურებთან და კომპოზიციებთან ერთად უფრო მეტი რაოდენობით ხვდებათ ამ დროის ქართული მინიატურებისათვის დამახასიათებელი სიმბრტყობრივად გაშლილი მანერით შესრულების მაგალითებს.

ხელნაწერის ი-182 მინიატურები მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს ქართული მინიატურული მხატვრობის ისტორიისათვის. ეს მინიატურები, როგორც აღნიშნული იყო პროფ. შ. ამირანაშვილის მიერ ([2], გვ. გვ. 277), ქართულ-

ლი ხელოვნების ისტორიაში ყველაზე ადრეული ძეგლია, რომელიც იტალიური ხელოვნების გავლენის ნიშნებს ატარებს; ისინი ამავე დროს ამ მხრივ საკლებით გამონაკლის მოვლენას წარმოადგენენ როგორც თავისი დროისათვის, ისე შემდეგი თითქმის ორი საუკუნისათვისაც.

იტალიური ხელოვნების ზეგავლენა ი-182 ხელნაწერის მინიატურებში, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მათ სრულიად აცალკავებს ზემოგანხილული როგორც უფრო ადრეული, ისე უფრო გვიანდელი მინიატურების სტილისტიკური განვითარების საერთო მსვლელობიდან.

ამასთანავე განსაკუთრებით არსებითია შემდეგი გარემოებები: № ი-182 ხელნაწერის მინიატურები ნათლად გვიჩვენებს, რომ, მიუხედავად იმისა, რომ მათში ნათლად ჩანს უცხოური ნიმუშების ზეგავლენა, ეს მინიატურები სავსებით ვერ ეთიშებიან ქართული მინიატურების განვითარების საერთო გეზს და იმ დამკვიდრებულ ტრადიციებს, რომლებიც შეიმჩნევა დროით მახლობელ ქართულ მინიატურებში.

იმ მინიატურებიდან, რომლებითაც შემკულია ხელნაწერი, განსაკუთრებით საყურადღებოა ოთხი მინიატურა, რომლებიც გამოხატავენ სამხედრო ბრძოლის სცენებს. ამ მინიატურებში გამოსახულია ჯგუფი, რომელიც შედგება ყალყზე შემდგარ ცხენზე მჯდომარე მხედრისაგან და ცხენის ფეხთ ქვეშ დაცემული მხედრისაგან (გვ. 25 წინაპირი, გვ. 25—ზურგის მხარე, გვ. 91 წინაპირი, გვ. 112 ზურგის მხარე) (იხ. ნახ. 1).



ნახ. 1

ეს ჯგუფი სტილისტიკურად საგრძნობლად განსხვავდება დაეითნის თითქმის ყველა დანარჩენი მინიატურისაგან; უფრო მეტიც, მისი ფიგურები გამოირჩევა ამავე მინიატურების სხვა ფიგურებისაგანაც კი.

ფიგურები და საგნები დაეითნის მინიატურებში მეტწილად მოცემულია, როგორც ეს დამახასიათებელია საერთოდ ამ დროის ქართული მინიატურებისათვის, წმინდა სიბრტყობრივი გაშლით, ისინი ბრტყულად არიან გაშლილი მინიატურის ზედაპირზე და მყურებლისაკენ უმეტესად, ფართო ზედაპირით არიან მიბრუნებულნი. ამიტომ ცხნები ამ ხელნაწერის მინიატურებში ჩვეულებრივ მოცემულია პროფილურ-სილუეტურ ასპექტში. ცხენოსანი მხედრისა და დაცემული მხედრის ზემოდასახელებულ ჯგუფში კი ცხენი სამყოთხელით მიბრუნებით არის გამოსახული, რაც სრულიად არაა დამახასიათებელი ამ ხელნაწერის მინიატურებისათვის. დაცემული მხედარი მეტად რთულ რაკურსშია წარმოდგენილი, რაც აგრეთვე არ არის დამახასიათებელი ამ მინიატურების ფიგურებისათვის. ამიტომ, როდესაც ამ ჯგუფს ვუპირისპირებთ დაეითნის თითქმის ყველა დანარჩენ მინიატურას, იგი სავსებით უცხოდ გვევლინება, გარედან მოტანილად.

ის ვარემოება, რომ ცხენოსანი მხედრისა და დაცემული მხედრის ჯგუფი ამასთანავე ოთხჯერ მეორდება სრულიად უცვლელად, უკვე გვაიძულებს ვიფიქროთ, რომ აქ მხატვარი იყენებს რაღაც მზა ნიმუშს, რომელიც მას მოსწონებია. დაბოლოს, შეცდომები ამ ჯგუფის შესრულებაში, რომლებიც არ შეეფერება მისი რთული კომპოზიციის ჩანაფიქრს, გვიჩვენებს, რომ მხატვარს მისი შესრულების დროს სრულიად მექანიკურად, დაუხელოვნებულად და არც თუ სრული გაგებით ყველა შემთხვევაში გადმოაქვს უცხო ნიმუშიდან მისთვის უჩვევი მიხვრა-მოხვრა, რთული პოზები და რაკურსები.

ფიგურების ურთიერთმიმართება, მათი პოზები, მოძრაობის მიმართულება და დაეჭობებით მიუთითებს საღდაც ნახულ და კარგად ნაცნობ ნიმუშს. მართლაც, იტალიის მაღალი რენესანსის ხელოვნებაში, სახელოდობრ რაფაელის ფრესკაში „ილიოდორის დამარცხება“ ვატიკანში, ვნახულბოთ უეჭველ პროტოტიპს და ნიმუშს განხილული ჯგუფისათვის. დაცემული მებრძოლი ზუსტად იმეორებს მიწაზე გართხმულ ილიოდორის პოზას. ცხენოსანი მხედარი, რომელიც შუბით გმირავს, უპასუხებს ცხენოსან მხედარს რაფაელის ფრესკიდან (იხ. ნახ. 2).

უფრო მეტიც, ერთ-ერთ მინიატურაზე (ფ. 25) მხატვარი უმატებს ფრესკის კიდევ ერთ ფიგურას და თანაც იცავს მის ადგილმდებარეობასაც და პოზასაც. ერთადერთი ცვლილება, რომელიც შეაქვს მინიატურების მხატვარს, მდგომარეობს იმაში, რომ იგი გურზს ცვლის შუბით, რომლითაც ცხენოსანი მხედარი გმირავს დაცემულ მებრძოლს. შესაძლებელია, რომ ამგვარი ცვლილება განპირობებული იყო საქართველოში მეტად გავრცელებული გამოსახულებით ცხენოსანი წმინდა გიორგისა, რომელიც გმირავს დაცემულ დიოკლეტიანეს ან ცხენის ფეხთქვეშ დაკლავნილ გველემას — ეს სახე უეჭველად უფრო მეტად იყო ცნობილი და ახლობელი ქართველი მხატვრისათვის — მინიატურების ავტორისათვის, ვიდრე გურზით შეიარაღებული მხედრის გამოსახულება რაფაელის ფრესკიდან.

ის ვარემოება, რომ მინიატურებში მრავალი მომენტი, რომლებიც მეტყველებენ იტალიური ხელოვნების ზეგავლენაზე, კერძოდ მათში ისეთი ჯგუფის არსებობა, რომლის უახლოეს პარალელს და პროტოტიპს შეადგენს ჯგუფი რაფაელის ვატიკანის ფრესკიდან „ილიოდორის დამარცხება“, შეიძლება ახსნილი იქნეს მხოლოდ სავარაუდოდ.

ცნობილია, რომ იტალიური აღორძინების ოსტატების მონუმენტური მხატვრობის ნაწარმოებები დიდი რაოდენობით იყო გადმოცემული გრავიუ-

რებში; კერძოდ ეს ეხება რაფაელის ფრესკებს, რომლებიც გადმოცემული აქვს იმ დროის ცნობილ იტალიელ გრავერს მარკ ანტონიო რაიმონდის [6, 7].



ნახ. 2

შესაძლებლობას ა მოკლებული, რომ ამ გრავეურის რომელიღაც ეკ-
ზემპლარები შემოტანა იყო საქართველოში კათოლიკე მისიონერების ან
ვაჭრების მიერ და ნაძალ შეიქმნენ მათგან ამა თუ იმ მომენტის სასესხებ-
ლად ქართველი მხარის მიერ, რომელმაც შეასრულა ი-182 ხელნაწერის
მინიატურები(1).

მეორე მხრივ, გარემოება, რომ ხელნაწერი ჩასმულია იტალიური ნა-
მუშევარი ტყავის ყი, ქრისტეს ამოტვიფრული ლათინური მონოგრამებით,
უფლებას გვაძლევს ვთქვათ, რომ საკითხი, ხომ არ იყო ეს ხელნაწერი და მი-
სი მინიატურები მულებული იტალიაში; ამ შემთხვევაში მინიატურების
შემსრულებელ მხარს შეეძლო თავისი თვალით ენახა რაფაელის ფრესკები
და იტალიური ხელებიდან სხვა მომენტების შესხებასთან ერთად მას შეეძ-

(1 ეს შესაძლოა დასტურდეს სათანადო ლიტერატურით, მაგალითად, იხ. მ. თა-
მარაშვილის წიგნი (პ. 74—75 და სხვ.).

ლო თავის მინიატურებში გამოეყენებინა აგრეთვე ჯგუფი ფრესკიდან „ილიოდორის დამარცხება“.

როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში იტალიის მაღალი რენესანსის ერთ-ერთი უდიდესი ოსტატის კომპოზიციიდან აღებული ჯგუფის არსებობა ამავე საუკუნის ქართულ მხატვრობაში დღემდე სრულიად უცნობი მოვლენაა და დიდ ინტერესს წარმოადგენს ქართული მინიატურული მხატვრობის ისტორიისათვის, განსაკუთრებით XVI საუკუნის ქართულ ხელოვნებაზე მაღალი რენესანსის იტალიური ხელოვნების ზეგავლენის საკითხის გადაწყვეტისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ქართული ხელოვნების ისტორიის ინსტიტუტი
 თბილისი
 (რედაქციას მოუვიდა 25.7.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Отчёт император. Росийск. исторического музея им. императора Александра III в Москве в 1912 г. Москва, 1913.
2. Ш. Я. Амирانشвили. История грузинского искусства, Москва, 1950.
3. ივ. ჯავახიშვილი. ქართული იაზადის ისტორია (ხელნაწერი, აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ფონდი).
4. Физиолог. Армяно-грузинский извод. Исследовал, издал и перевел Н. Марр. (Тексты и разыскания по армяно-грузинской филологии, Санктпетербург, 1904.
5. დ. არაყიშვილი. მუსიკალური საკრავების აღწერილობა და ზომები. თბილისი, 1940.
6. Ш. П. Кристеллер. История европейской гравюры XV—XVII вв, Москва—Ленинград, 1939.
7. И. И. Леман. Гравюра и литография, СПб, 1913.
8. მ. თამარაშვილი. ისტორია კათოლიკობისა საქართველოში. თბილისი, 1902.

მთ. რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.3.1959; შეგვ. № 321; ანაწყოების ზომა 7×11;
 ქაღალდის ზომა 70×108; საადრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 8,5;
 ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 10,96; უე 01444; ტირაჟი 800

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



დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
პრეზიდიუმის მიერ 31.1.1957 წ.

დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებ-სა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ 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 პარალელურ 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 „მოამბის“ 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 განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალად თითოეულ ენაზე, სავსებით გამოზადებული 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 აღინიშნოს ავტორის 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 ნაჩვენებია 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 (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის 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, ძმ. შინაძის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52