

258/2



საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მთაბე

გომი XX, № 1

ქირითარი, ქართული გამომცემა

1958

ი ა ნ ე ა რ ი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა  
თბილისი



მათემატიკა

- 1. ვ. ბაღაბანოვი. არაბული ფუნქციის არსებობის თეორემის გამოყენება არა-წორფივი ოპერატორის საკუთრივი ელემენტების საკითხში . . . . . 3
- 2. რ. ისახანოვი. ერთი კლასის სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების შესახებ . . . . . 9

მექანიკა

- 3. მ. მიქელაძე. ანიზოტროპული გარსების დრეკად-პლასტიკური წონასწორობა . . . . . 13
- ფიზიკა
- 4. თ. გაჩეჩილაძე. წესრიგის გავრცელების საკითხისათვის ბინარულ შენადნობთა თეორიაში . . . . . 21

ბიოფიზიკა

- 5. ა. ცხაკაია და დ. სინბარულიძე ზემო სამეგრელოს 1955 წლის 25 დეკემბრის მიწისძვრა . . . . . 27

აბრკმინია

- 6. ე. ვაშაძე. ვახის ფესვგარეშე გამოსაკვებად ზოგიერთი ხსნარის ოპტიმალური კონცენტრაციის დადგენისათვის . . . . . 35

ბიოქიმია

- 7. გ. ასათიანი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრი-კორესპონდენტი). ადამიანისა და მაინუნის სისხლის ზოგიერთი ცილისა და ბიოკატალიზატორის შესახებ . . . . . 41

კალიმეტოლოგია

- 8. ა. ვეკუა. მეოთხეული მავწიერების ახალი ადგილსაპოვებელი აღმოსავლეთ საქართველოში . . . . . 47

მინერალოგია

- 9. ა. გამყრელიძე. ვაკიჯვრის პეგმატიტის ძარღვების ერთი თავისებურების შესახებ . . . . . 51

ტექნიკა

- 10. ვ. მახალდიანი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). შიგაწვის ძრავას სადროსული ციკლის ძირითადი პარამეტრების გაანგარიშების შესახებ . . . . . 57

- 11. თ. სოლომონია. ხელოვნური დაწვიმების ერთი ეკონომიკური ამოცანის შესახებ . . . . . 63

- 12. თ. გაბაშვილი. ჰიდრაულიკური ტურბინის განტოლების გამოყენების ერთი შემთხვევა . . . . . 67

- 13. ე. სენიაშვილი. ლეროვანი ფერმების თავისუფალი რხევის უმაღლესი სიხშირეების „შენცდელი კოჭის“ მეთოდით განსაზღვრის საკითხისათვის . . . . . 75

ნიადაგმცოდნეობა

- 14. გ. ტალახაძე. მიკროელემენტები საქართველოს შავმიწებში . . . . . 83

ჯოგოლოგია

- 15. ვ. სტრელკოვსკი. ზუთხის ლარების ქცევისა და ეკოლოგიაზე სინათლის გავლენის შესახებ . . . . . 89

ფიზიოლოგია

- 16. ა. ბაკურაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრი-კორესპონდენტი) და ე. მაისია. ქსოვილების ქემორეცეპტორებზე სტრიქინინის გამაღვიანებელი ნოქენდების შესახებ . . . . . 93
- 17. გ. ბეჭაია. ჩონჩხის კუნთის ტონური კომპონენტის პესიმიზმი . . . . . 99

მეცხარეობის მედიცინა

- 18. ნ. ჯიბლაძე, ე. კილურაძე და გ. ბუაჩიძე. სისხლის სისტემის ცვლილებები ნაწლავთა გაუვალბობის დროს . . . . . 105

ფსიქოლოგია

- 19. ე. ვაჩნაძე. სიტყვით სიტუაციაში ფიქსირებული განწყობის თავისებურებანი პრეგენილური ფსიქოზის შემთხვევაში . . . . . 113

ხელოვნების ისტორია

- 20. პ. ზაქარაია. სამილაზორთა და ზემო ქართლის სადროშოს XV—XVIII სს. ციხე-სიმაგრეები . . . . . 119

საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მონოგრაფიები

ტომი XX

ძირითადი, ქართული განმარტება

7750

1958





მათემატიკა

მ. ბალაზანოვი

არაცხადი ფუნქციის არსებობის თეორემის გამოყენება  
 არაწრფივი ოპერატორის საკუთრივი ელემენტების საკითხში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. კუპრაძემ 23.5.1957)

შრომში განხილულია არაწრფივი ოპერატორის საკუთრივი ელემენტების მდგრადობის ზოგიერთი შემთხვევა ჰილბერტის სივრცეში. ცნობილია, რომ ლ. ლიუსტერნიკმა, ე. წითლანაძემ და სხვებმა შეისწავლეს სხვადასხვა კლასის არაწრფივი ოპერატორების საკუთრივი ელემენტების არსებობის საკითხები. ჩვენს მიზანს შეადგენს ამ ამონახსნების ქცევის შესწავლა ოპერატორის მცირე შეშფოთების შემთხვევაში. ამ ნაშრომში განიხილება ორი შემთხვევა, როდესაც ოპერატორის მცირე შეშფოთება მცირედ ცვლის როგორც საკუთრივ ელემენტს, ისე საკუთრივ რიცხვს. კერძოდ, მეორე შემთხვევა წარმოადგენს ლ. ლიუსტერნიკის [1] ერთ-ერთი შედეგის უშუალო განზოგადებას.

ვთქვათ, ჰილბერტის ნამდვილ  $H$  სივრცეში მოცემულია არაწრფივი  $L$  ოპერატორი;  $x_0$  იყოს ამ ოპერატორის ნორმირებული საკუთრივი ელემენტი, რომელიც საკუთრივ  $\lambda_0$  რიცხვს შეესაბამება. ამგვარად,

$$Lx_0 = \lambda_0 x_0, \quad \|x_0\| = 1. \tag{1}$$

ვივლით, რომ  $L$  ოპერატორს აქვს ფრეშეს დიფერენციალი  $x_0$  წერტილის რაიმე  $T$  მიდამოში, ხოლო  $A_x$ -ით აღნიშნულია ფრეშეს წარმოებული  $x$  წერტილში. ვთქვათ,  $A_x$  ოპერატორი უწყვეტია (ნორმით)  $T$ -ში, მაშინ ვიტყვი, რომ  $L$  ოპერატორი უწყვეტად დიფერენცირებადია  $x_0$  წერტილის მიდამოში. ადვილი შესამჩნევია, რომ არსებობს ისეთი  $T$  ( $\|x - x_0\| \leq \eta$ ) მიდამო, რომელშიც  $L$  ოპერატორი შემოსაზღვრულია, ხოლო  $A_x$  წრფივი ოპერატორების ნორმები — თანაბრად შემოსაზღვრული.

თუ  $L$  ოპერატორი პოტენციალურია, მაშინ, თანახმად ჩვენი დაშვებისა,  $A_{x_0}$  იქნება თვითშეუღლებული წრფივი ოპერატორი [2], ამიტომ

$$(A_{x_0} h, h_1) = (h, A_{x_0} h_1), \quad h, h_1 \in H.$$

განვიხილოთ პირდაპირი ჯამი  $H_1 = H + R$ , სადაც  $R$  რიცხვითი ღერძია, ხოლო  $H_1$ -ის ყოველ ელემენტს აქვს სახე  $(x, \lambda)$ ,  $x \in H$ ,  $\lambda \in R$ . ამ სივრცეში შემოვიღოთ ნორმა შემდეგი ტოლობით:

$$\|(x, \lambda)\|_{H_1} = \|x\| + |\lambda|,$$

ხოლო  $U \subset H_1$  არე შემდგენიარად განვსაზღვროთ:  $(x, \lambda) \in U$ , თუ  $x \in T$ ,  $|\lambda - \lambda_0| \leq c$ , სადაც  $c$  რაიმე მუდმივია.

განვიხილოთ  $U$  არეში განსაზღვრული ოპერატორი

$$l(x, \lambda) = (Lx - \lambda x, \|x\| - 1), \tag{2}$$



რომლის მნიშვნელობები მოთავსებულია  $H_1$  სივრცეში. (1) ტოლობის დასაბუთება

$$l(x_0, \lambda_0) = \Theta_{H_1}, \quad (3)$$

სადაც  $\Theta_{H_1}$ -ით აღნიშნულია  $H_1$  სივრცის ნული.  $l(x, \lambda)$  არაწრფივ ოპერატორს ყოველ  $(x, \lambda) \in U$  წერტილში აქვს შემდეგი სახის ფრეშეს დიფერენციალი:

$$dl(x, \lambda; \Delta x, \Delta \lambda) = (A_x \Delta x - \lambda \Delta x - \Delta \lambda x, \|x\|^{-1}(x, \Delta x)).$$

განსახილავი ოპერატორის ფრეშეს წარმოებული  $(x, \lambda)$  წერტილში  $l'(x, \lambda)$ -ით აღვნიშნოთ. დავამტკიცოთ, რომ არსებობს  $[l'(x_0, \lambda_0)]^{-1}$  შებრუნებული ოპერატორი, მაშინ ნებისმიერი  $(z, r) \in H_1$  ელემენტისათვის განტოლებას

$$A_{x_0} \Delta x - \lambda_0 \Delta x - \Delta \lambda x_0 = z, \quad (x_0, \Delta x) = r \quad (4)$$

უნდა იქნეს მხოლოდ ერთი  $(\Delta x, \Delta \lambda) \in H_1$  ამონახსნი.

განვიხილოთ ორი შემთხვევა.

1. ვთქვათ,  $L$  ოპერატორის საკუთრივი  $\lambda_0$  რიცხვი არ ეკუთვნის  $A_{x_0}$  წრფივი ოპერატორის სპექტრს. მაშინ არსებობს  $A_{x_0} - \lambda_0 I$  ოპერატორის შებრუნებული წრფივი შემოსაზღვრული  $(A_{x_0} - \lambda_0 I)^{-1}$  ოპერატორი, სადაც  $I$  თი აღნიშნულია იგივეური გარდაქმნის ოპერატორი. ვიგულისხმობთ, რომ შესრულებულია პირობა

$$((A_{x_0} - \lambda_0 I)^{-1} x_0, x_0) \neq 0. \quad (5)$$

(4)-დან გვაქვს

$$\Delta x = (A_{x_0} - \lambda_0 I)^{-1} z + \Delta \lambda (A_{x_0} - \lambda_0 I)^{-1} x_0. \quad (6)$$

მაშინ, თუ (6) ტოლობის ორივე ნაწილს სკალარულად გავამრავლებთ  $x_0$ -ზე და მხედველობაში მივიღებთ, რომ  $(x_0, \Delta x) = r$ , გვექნება

$$\Delta \lambda = \frac{r - ((A_{x_0} - \lambda_0 I)^{-1} z, x_0)}{((A_{x_0} - \lambda_0 I)^{-1} x_0, x_0)}.$$

თუ  $\Delta \lambda$ -ს ამ მნიშვნელობას შევიტანთ (6) ტოლობაში, მივიღებთ  $\Delta x$ -ის სათანადო მნიშვნელობას.

შენიშვნა: (5) პირობა ნიშნავს, რომ  $A_{x_0} \xi - \lambda_0 \xi = x_0$  განტოლების ერთადერთი  $\xi$  ამონახსნი არ არის  $x_0$ -ის ორთოგონალური. კერძოდ, ეს პირობა შესრულდება ყოველთვის, თუ  $|\lambda_0| \geq \|A_{x_0}\|$ .

2. ვთქვათ,  $L$  პოტენციალური ოპერატორის საკუთრივი  $\lambda_0$  რიცხვი სრულიად უწყვეტი  $A_{x_0}$  ოპერატორის მარტივი საკუთრივი მნიშვნელობაა.

შევნიშნოთ, რომ  $A_{x_0}$  სრულიად უწყვეტი ოპერატორია, თუ, მაგალითად, სრულიად უწყვეტია  $L$  ოპერატორი [2].

აღვნიშნოთ  $\nu$ -თი  $A_{x_0}$  ოპერატორის საკუთრივი ელემენტი, რომელიც  $\lambda_0$  მარტივ საკუთრივ მნიშვნელობას ეთანადება. ვთქვათ,

$$(x_0, \nu) \neq 0. \quad (7)$$

$\Delta x$  ელემენტი წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:

$$\Delta x = \frac{r - (\Delta x', x_0)}{(x_0, \nu)} \nu + \Delta x', \quad (8)$$

სადაც  $(\Delta x', \nu) = 0$ . თუ (4) ტოლობის ორივე ნაწილს სკალარულად გავა-

შრავლებზე  $\nu$ -ზე, მაშინ  $A_{x_0}$  ოპერატორის თვითშეუღლების გამო, გვექნება

$$(\Delta x, A_{x_0} \nu - \lambda_0 \nu) - \Delta \lambda(x_0, \nu) = (\zeta, \nu),$$

საიდანაც მივიღებთ

$$\Delta \lambda = - \frac{(\zeta, \nu)}{(x_0, \nu)}. \quad (9)$$

(8) და (9)-ს ძალით (4)-დან მივიღებთ

$$A_{x_0} \Delta x' - \lambda_0 \Delta x' = \zeta - \frac{(\zeta, \nu)}{(x_0, \nu)} x_0. \quad (10)$$

რადგანაც (10) განტოლების მარჯვენა ნაწილი  $\nu$ -ს ორთოგონალურია და  $(\Delta x', \nu) = 0$ , ამიტომ ამ განტოლებას აქვს მხოლოდ ერთი  $\Delta x'$  ამონახსნი, რომელიც  $\nu$ -ს ორთოგონალური იქნება. თუ  $\Delta x'$ -ის ამ მნიშვნელობას (8) ტოლობაში შევიტანთ, ვიპოვით  $\Delta x$ -ის მნიშვნელობას.

განვიხილოთ  $\{L^*\}$  კლასი არაწრფივი ოპერატორებისა  $H$  სივრცეში. ვიგულისხმობთ, რომ ეს ოპერატორები არიან შემოსაზღვრული, უწყვეტად დიფერენცირებადი  $T$ -ში და აქვთ თანაბრად შემოსაზღვრული ფრეშეს  $A_x^*(x \in T)$  წარმოებულები. ამ კლასის ყოველ ოპერატორს შეესაბამება არაწრფივი ოპერატორი

$$l^*(x, \lambda) = (L^*x - \lambda x, \|x\| - 1),$$

რომელიც განსაზღვრულია  $U \subset H_1$  არეში. ეს ოპერატორები დიფერენცირებადნი და შემოსაზღვრულნი არიან  $U$  არეში და ამავე არეში აქვთ უწყვეტი და შემოსაზღვრული  $l^*(x, \lambda)$  წარმოებულები. ვთქვათ,  $D_u, H_1$  აღნიშნავს  $l^*$  ოპერატორების სივრცეს, რომელშიც ნორმა განმარტებულია ტოლობით

$$\|l^*\| = \sup (\|l^*(x, \lambda)\| + \|l^*(x, \lambda)\|), \\ (x, \lambda) \in U$$

თუ ადგილი აქვს ზემოთ განხილულ ერთ-ერთ შემთხვევას, მაშინ შეიძლება გამოვიყენოთ თეორემა არაცხადი ფუნქციის არსებობის შესახებ [1], რომლის მიხედვით მოიძებნებიან ისეთი  $\tau > 0$  და  $\tau_1 > 0$  მუდმივები, რომ ნებისმიერი  $l^* \in D_u, H_1$  ოპერატორისათვის, როცა  $\|l^* - l\| < \tau$ ,  $l^*(x, \lambda) = \Theta_{H_1}$  განტოლებას ექნება მხოლოდ ერთი ამონახსნი  $(x_0 + \Delta x, \lambda_0 + \Delta \lambda)$  სადაც  $\|(\Delta x, \Delta \lambda)\| \leq \tau_1$ .

შემოვიღოთ აღნიშვნები:  $\Delta Lx = L^*x - Lx$ ,  $\Delta A_x = A_x^* - A_x$ , მაშინ გვექნება

$$\|l^* - l\| = \sup (\|\Delta Lx\| + \|\Delta A_x\|) \\ x \in T$$

საბოლოო შედეგი შეგვიძლია ჩამოვაყალიბოთ შემდეგი ორი თეორემის სახით.

თეორემა 1. ვთქვათ,  $x_0$  ნორმირებული საკუთრივი ელემენტია, ხოლო  $\lambda_0$  საკუთრივი რიცხვი არაწრფივი,  $x_0$ -ის მიდამოში უწყვეტად დიფერენცირებადი  $L$  ოპერატორისა. დავუშვათ, რომ  $\lambda_0$  არ ეკუთვნის წრფივი  $A_{x_0}$  ოპერატორის სპექტრს და  $((A_{x_0} - \lambda_0 I)^{-1} x_0, x_0) \neq 0$ , მაშინ მოიძებნება ისეთი ორი მუდმივი  $\tau > 0$  და  $\tau_1 > 0$ , რომ, როცა  $\sup (\|\Delta Lx\| + \|\Delta A_x\|) \leq \tau$ ,  $x \in T$

არსებობს  $L + \Delta L$  ოპერატორის საკუთრივი  $\lambda_0 + \Delta \lambda$  რიცხვი



და ნორმირებული საკუთრივი  $x_0 + \Delta x$  ელემენტი:

$$(L + \Delta L)(x_0 + \Delta x) = (\lambda_0 + \Delta \lambda)(x_0 + \Delta x), \|x_0 + \Delta x\| = 1;$$

ამასთანავე, თუ  $\|\Delta x\| + |\Delta \lambda| \leq \tau_1$ , მაშინ საკუთრივი რიცხვი და საკუთრივი ელემენტი მხოლოდ ერთია.

თეორემა 2. ვთქვათ,  $x_0$  ნორმირებული საკუთრივი ელემენტი, ხოლო  $\lambda_0$  საკუთრივი რიცხვი არაწრფივი პოტენციალური,  $x_0$ -ის მიდამოში უწყვეტად დიფერენცირებადი  $L$  ოპერატორისა; დავუშვათ, აგრეთვე, რომ ფრეშეს  $A_{x_0}$  წარმოებული წარმოადგენს სრულიად უწყვეტ ოპერატორს, რომლისთვისაც  $\lambda_0$  არის მარტივი საკუთრივი მნიშვნელობა; თუ ამასთანავე  $x_0$  არ არის ორთოგონალური წრფივი  $A_{x_0}$  ოპერატორის  $\lambda_0$ -ის შესაბამისი საკუთრივი ქვესივრცისა, მაშინ მოიძებნება ისეთი ორი მუდმივი  $\tau > 0$  და  $\tau_1 > 0$ , რომ, როცა  $\sup (\|\Delta L x\| + \|\Delta A x\|) \leq \tau$ , არსებობს  $L + \Delta L$  ოპერატორის საკუთრივი  $\lambda_0 + \Delta \lambda$  რიცხვი და ნორმირებული საკუთრივი  $x_0 + \Delta x$  ელემენტი:

$$(L + \Delta L)(x_0 + \Delta x) = (\lambda_0 + \Delta \lambda)(x_0 + \Delta x), \|x_0 + \Delta x\| = 1;$$

ამასთანავე, თუ  $\|\Delta x\| + |\Delta \lambda| \leq \tau$ , მაშინ საკუთრივი რიცხვი და საკუთრივი ელემენტი მხოლოდ ერთია.

მაგალითი. განვიხილოთ ლიხტენშტეინის ინტეგრალური მწკრივის  $n$ -ური წევრი [3]:

$$Lx = \int_0^1 \dots \int_0^1 K(s, t_1, \dots, t_n) x(t_1) \dots x(t_n) dt_1 \dots dt_n \quad (n \geq 2), \quad (11)$$

სადაც  $K(s, t_1, \dots, t_n)$  წარმოადგენს  $(n+1)$ -განზომილებიანი სივრცის ერთეულ კუბში განსაზღვრულ ნამდვილ, სიმეტრიულ და კვადრატით ჯამებად ფუნქციას. მაშინ  $L$  ოპერატორი განსაზღვრული იქნება პილბერტის ფუნქციონალურ  $L_2(0,1)$  სივრცეში.

ვთქვათ,  $x_0(s)$  ამ ოპერატორის ნორმირებული საკუთრივი ფუნქციაა, ხოლო  $\lambda_0$  — საკუთრივი რიცხვი.  $Lx_0 = \lambda_0 x_0, \|x_0\| = 1$ . ადვილი საჩვენებელია, რომ  $L$  ოპერატორი უწყვეტად დიფერენცირებადია  $x_0$ -ის მიდამოში და მის ფრეშეს დიფერენციალს  $x_0$  წერტილში აქვს სახე

$$A_{x_0} h = \int_0^1 \dots \int_0^1 nK(s, t_1, t_2, \dots, t_{n-1}) x_0(t_1) \dots x_0(t_{n-1}) dt_1 \dots dt_{n-1} h(t) dt.$$

$A_{x_0}$  ოპერატორი სრულიად უწყვეტი ოპერატორია, რადგანაც გული

$$K^*(s, t) = \int_0^1 \dots \int_0^1 nK(s, t_1, t_2, \dots, t_{n-1}) x_0(t_1) \dots x_0(t_{n-1}) dt_1 \dots dt_{n-1}$$

არის კვადრატით ჯამებადი ფუნქცია. ცხადია სისწორე ასეთი ტოლობისა:

$$(A_{x_0} h, x) = n(Lx, h). \quad (12)$$

ვთქვათ,  $\lambda_0$  არ წარმოადგენს  $K^*(s, t)$  გულის საკუთრივ მნიშვნელობას. ვაჩვენოთ, რომ შემდეგი განტოლების

$$A_{x_0} \xi - \lambda_0 \xi = x_0 \quad (13)$$

$\xi$  ამონახსნი არ არის  $x_0$ -ის ორთოგონალური. მართლაც, დავუშვათ, რომ  $(\xi, x_0) = 0$ . მაშინ, თუ (13) განტოლების ორივე ნაწილს სკალარულად გავამრავლებთ  $x_0$ -ზე, მივიღებთ:  $(A_{x_0} \xi, x_0) = 1$ . მეორე მხრივ, (12) ტოლობა გვაძლევს:  $(A_{x_0} \xi, x_0) = n(Lx_0, \xi) = n\lambda_0(\xi, x_0) = 0$ . მიღებული წინააღმდეგობიდან გამომდინარეობს, რომ  $(\xi, x_0) \neq 0$ . ადვილი შესამოწმებელია, რომ  $|\lambda_0| < \|A_{x_0}\|$ . პირველი თეორემის ძალით არსებობს ისეთი ორი მუდმივი  $\tau > 0$  და  $\tau_1 > 0$ , რომ, როცა

$$\int_0^1 \dots \int_0^1 K_1^2(s, t_1, \dots, t_n) ds dt_1 \dots dt_n \leq \tau,$$

მაშინ განტოლებას

$\int_0^1 \dots \int_0^1 [K(s, t_1, \dots, t_n) + K_1(s, t_1, \dots, t_n)] x(t_1) \dots x(t_n) dt_1 \dots dt_n = \lambda x(s)$  აქვს ისეთი  $x_0 + \Delta x$  ( $\|x_0 + \Delta x\| = 1$ ) ამონახსნი, რომელიც  $\lambda_0 + \Delta \lambda$  საკუთრივ რიცხვს ეთანადება. ამასთანავე, როცა  $\|\Delta x\| + |\Delta \lambda| \leq \tau_1$ , მაშინ ასეთი საკუთრივი რიცხვი და საკუთრივი ფუნქცია მხოლოდ ერთია.

ა. პუშკინის სახელობის

თბილისის პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 4.6.1957)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. А. Люстерник и В. И. Соболев. Элементы функционального анализа. Гостехиздат, 1951, 316—325.
2. М. А. Красносельский. Топологические методы в теории нелинейных интегральных уравнений. Гостехиздат, 1955, 140, 318.
3. Э. С. Цитландадзе. Теоремы существования точек минимакса в пространствах Банаха и их приложения. Труды Моск. общ-ва, т. 2, 1953, 235—274.



მათემატიკა

რ. ისახანოვი

 ერთი კლასის სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების  
 შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ვეჯამ 30.12.1956)

ვთქვათ,  $L$  აღნიშნავს მარტივ შეკრულ გლუვ კონტურს, რომელიც  $z = x + iy$  სიბრტყეზე მარტივადმულ  $D$  არეს შემოსაზღვრავს. დადებით მიმართულებად  $L$  კონტურზე მივიღოთ ის, რომელიც  $D$  არეს ტოვებს მარცხნივ. დაეუშვათ, რომ  $L$ -ის მხების მიერ რაიმე მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე აკმაყოფილებს  $H$  (ჰელდერის) პირობას.

ვთქვათ,  $\alpha(t)$   $L$  კონტურის წერტილების მოცემული წარმოებადი ფუნქციაა, ამასთან წარმოებული  $\alpha'(t)$  აკმაყოფილებს  $H$  პირობას და განსხვავებულია ნულისაგან ყველგან  $L$ -ზე. მოვითხოვოთ აგრეთვე, რომ  $\alpha(t)$  ფუნქციას  $L$  კონტური გადაყავს თავის თავში ურთიერთცალსახად და მიმართულების შეცვლით, ე. ი.  $t$  და  $\alpha(t)$  შემოწერენ  $L$  კონტურს ერთმანეთის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

ვთქვათ,  $p$  რაიმე ნატურალური რიცხვია. აღვნიშნოთ

$$\alpha_p(t) = \alpha[\alpha_{p-1}(t)], \quad \alpha_0(t) \equiv t.$$

გასაგებია, რომ  $\alpha_p(t)$  ფუნქციასაც ურთიერთცალსახად გადაყავს  $L$  კონტური თავის თავში. ჩვენ დამატებით მოვითხოვთ, რომ რაიმე  $n$ -სათვის  $\alpha_n(t) \equiv t$ . ცხადია,  $n$  ლუწი რიცხვია.

ამ წერილში ვიხილავთ შემდეგი სახის ინტეგრალურ განტოლებას:

$$\sum_{p=0}^{n-1} \left\{ a_p(t_0) \rho[\alpha_p(t_0)] + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{K_p(t_0, t) \rho[\alpha_p(t)] dt}{t - t_0} \right\} = f(t_0), \quad (1)$$

სადაც  $f(t_0)$ ,  $a_p(t_0)$  და  $K_p(t_0, t)$   $L$  კონტურზე მოცემული ფუნქციებია, რომელნიც  $H$  პირობას აკმაყოფილებენ,  $\rho(t_0)$  საძიებელი ფუნქციაა, რომელიც აგრეთვე  $H$  პირობას უნდა აკმაყოფილებდეს.

აღვნიშნოთ

$$\rho[\alpha_p(t)] = \psi_p(t) \quad (p = 0, 1, 2, \dots, n-1), \quad (2)$$

მაშინ

$$\psi_p(t) = \psi_{p-1}[\alpha(t)] \quad (p = 1, 2, \dots, n-1). \quad (3)$$



თუ  $\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)$  ფუნქციებისათვის შესრულებულია (3) პირობები, მაშინ  $\psi_{n-1}(t) = \psi_0[\alpha_{n-1}(t)]$ , საიდანაც  $\psi_{n-1}[\alpha(t)] = \psi_0(t)$ . ამიტომ, თუ ჩავთვლით  $\psi_{-1}(t) \equiv \psi_{n-1}(t)$ , (3) პირობები შეიძლება ასე გადავწეროთ:

$$\psi_p(t) = \psi_{p-1}[\alpha(t)] \quad (p = 0, 1, 2, \dots, n-1). \quad (3')$$

ამ აზნიშვნებში (1) განტოლება მიიღებს სახეს

$$\sum_{p=0}^{n-1} \left[ a_p(t_0) \psi_p(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{K_p(t_0, t) \psi_p(t) dt}{t - t_0} \right] = f(t_0). \quad (1')$$

(2)-ის ძალით გვაქვს

$$\psi_p[\alpha_l(t)] = \psi_{p+l}(t),$$

ამასთან, თუ

$$p + l = n + k \quad (k \equiv 0),$$

მაშინ უნდა გვეონდეს

$$\psi_{p+l}(t) = \psi_{n+k}(t) = \psi_k(t). \quad (4)$$

(1) განტოლებაში შევცვალოთ  $t_0$  და  $t$  შესაბამისად  $\alpha_l(t_0)$  და  $\alpha_l(t)$ -თი ( $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ), მივიღებთ შემდეგ კარგად ცნობილ (იხ. [1, 2]) სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას

$$\sum_{p=0}^{n-1} \left\{ a_p[\alpha_l(t_0)] \psi_{p+l}(t_0) + \frac{(-1)^l}{\pi i} \int_L \frac{K_p[\alpha_l(t_0), \alpha_l(t)] \psi_{p+l}(t) \alpha'_l(t) dt}{\alpha_l(t) - \alpha_l(t_0)} \right\} = f[\alpha_l(t_0)] \quad (5)$$

$$(l = 0, 1, 2, \dots, n-1).$$

(1) განტოლების ყოველი ამოხსნა  $\rho(t)$  (2) ფორმულების საშუალებით განსაზღვრავს (5) სისტემის გარკვეულ ამოხსნას  $\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)$ , რომელიც (3) პირობებს აკმაყოფილებს. გასაგებია, რომ პირუტყვ, თუ  $\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)$  (5) სისტემის რაიმე ამოხსნაა, რომელიც (3) პირობებს აკმაყოფილებს, მაშინ ამ ამოხსნის პირველი კომპონენტი  $\psi_0(t)$  იქნება (1) განტოლების ამოხსნა.

უშუალო შემოწმებით შეიძლება დავრწმუნდეთ, რომ, თუ ფუნქციები  $\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)$  აკმაყოფილებენ (5) სისტემას, მაშინ იმავე სისტემის ამოხსნები იქნება აგრეთვე ფუნქციები  $\psi_{n-1}[\alpha(t)], \psi_0[\alpha(t)], \dots, \psi_{n-1}[\alpha(t)]$ . ამისათვის საკმარისია (5) სისტემაში  $t_0$  და  $t$  შევცვალოთ შესაბამისად  $\alpha(t_0)$  და  $\alpha(t)$ -თი. აქედან გამომდინარეობს, რომ ფუნქციები

$$\omega_p(t) = \psi_p(t) - \psi_{p-1}[\alpha(t)] \quad (p = 0, 1, 2, \dots, n-1)$$

წარმოადგენს (5) სისტემის შესაბამ ერთგვაროვანი სისტემის ამოხსნას. შემოთქმულის ძალით ვრწმუნდებით შემდეგი თეორემის სამართლიანობაში:

თეორემა 1. თუ (5) სისტემის შესაბამე ერთგვაროვან სისტემას არა აქვს არატრივიალური ამოხსნა, მაშინ (1) განტოლება და (5) სისტემა ერთდროულად არიან ამოხსნადი ან არ არიან ამოხსნადი. (5) სისტემის ამოხსნადობის შემთხვევაში მისი ამოხსნის პირველი კომპონენტი იქნება (1) განტოლების ერთადერთი ამოხსნა.

ახლა განვიხილოთ ზოგადი შემთხვევა, როდესაც (5) სისტემის შესაბამე ერთგვაროვან სისტემას აქვს არატრივიალური ამოხსნები. შემდგომ ჩვენ ვიტყვით, რომ ვექტორი

$$\Psi [\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)]$$

არის (5) სისტემის ამოხსნა, თუ ფუნქციები  $\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)$  წარმოადგენს (5) სისტემის ამოხსნას.  
 ვთქვათ, ვექტორი

$$\Psi [\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)]$$

არის (5) სისტემის ამოხსნა. მაშინ, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ვექტორი

$$\Psi \{\psi_{n-1}[\alpha(t)], \psi_0[\alpha(t)], \psi_1[\alpha(t)], \dots, \psi_{n-2}[\alpha(t)]\}$$

აგრეთვე დააკმაყოფილებს (5) სისტემას. ანალოგიურად მივიღებთ ამავე სისტემის შემდეგ ამოხსნებს:

$$\begin{aligned} & \Psi \{\psi_{n-2}[\alpha_2(t)], \psi_{n-1}[\alpha_2(t)], \psi_0[\alpha_2(t)], \dots, \psi_{n-3}[\alpha_2(t)]\} \\ & \Psi \{\psi_2[\alpha_{n-2}(t)], \psi_3[\alpha_{n-2}(t)], \psi_4[\alpha_{n-2}(t)], \dots, \psi_1[\alpha_{n-2}(t)]\} \\ & \Psi \{\psi_1[\alpha_{n-1}(t)], \psi_2[\alpha_{n-1}(t)], \psi_3[\alpha_{n-1}(t)], \dots, \psi_0[\alpha_{n-1}(t)]\} \end{aligned}$$

ადვილი შესამოწმებელია, რომ ვექტორი

$$\Psi = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \Psi^k$$

წარმოადგენს (5) სისტემის ისეთ ამოხსნას, რომელიც (3) პირობებს აკმაყოფილებს. მაშასადამე, ფუნქცია

$$\rho(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \psi_{n-k}[\alpha_k(t)] \quad (6)$$

იქნება (1) განტოლების ამოხსნა. ამრიგად, მართებულია შემდეგი თეორემა:

თეორემა 2. (1) განტოლება და (5) სისტემა ერთდროულად არიან ამოხსნადი ან არ არიან ამოხსნადი. (5) სისტემის ამოხსნადობის შემთხვევაში (1) განტოლების ზოგადი ამოხსნა მოიცემა (6) ფორმულით, სადაც ფუნქციები

$$\psi_0(t), \psi_1(t), \dots, \psi_{n-1}(t)$$

წარმოადგენს (5) სისტემის ზოგადი ამოხსნის კომპონენტებს.

ამვე გზით შეიძლება ამოხსნას შემდეგი სახის განტოლება

$$\sum_{p=0}^{n-1} \left\{ a_p(t_0) \rho[\alpha_p(t_0)] + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{K_p(t_0, t) \rho(t) dt}{t - \alpha_p(t_0)} \right\} = f(t_0). \quad (7)$$

ეს განტოლება შეიძლება აგრეთვე დაიყვანოთ (1) სახის განტოლებამდე საინტეგრაციო ცვლადის სათანადო გარდაქმნით.

(7) სახის განტოლების ამოხსნაზე დაიყვანება სასაზღვრო ამოცანა:

მოიძებნოს უბან-უბან ჰოლომორფული  $\Phi(z)$  ფუნქცია სასაზღვრო პირობით

$$\sum_{p=0}^{n-1} \{ A_p(t_0) \Phi^+[\alpha_p(t_0)] + B_p(t_0) \Phi^-[\alpha_p(t_0)] \} = g(t_0) \quad L\text{-ზე,}$$

სადაც

$$A_p(t_0), B_p(t_0) \text{ და } g(t_0)$$

$L$ -ზე მოცემული ფუნქციებია, რომელნიც  $H$  პირობას აკმაყოფილებენ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 30.12.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения, М.—Л., 1946.
2. Н. П. Векуа. Системы сингулярных интегральных уравнений, М.—Л., 1950.

## მ. მიქელაძე

## ანიზოტროპული გარსების დრეკად-პლასტიკური წონასწორობა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 24.4.1957)

ფირფიტებისა და გარსების დრეკად-პლასტიკური წონასწორობის გამოკვლევა დაკავშირებულია მათემატიკური ხასიათის დიდი სიძნელეების გადალახვასთან [1, 2, 3]. სიძნელეები კიდევ უფრო მეტად იზრდება, როცა გარსის მასალა ანიზოტროპულია.

თუ დავკმაყოფილებთ გამოკვლევით სპეციალური კონსტრუქციის მქონე გარსებისა, რომელთა დაძაბული მდგომარეობა საკმაოდ ზოგადი ხასიათისაა, შეიძლება მივალწიოთ არსებით გამარტივებას დრეკად-პლასტიკური ამოცანების ამოხსნის გზებში.

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია დაასაბუთოს ასეთი აზრი.

### § 1. გამოსაკვლევი გარსების კონსტრუქციისა და მასალის შესახებ

ქვემოთ განიხილება იდეალური სამფეროვანი კონსტრუქციის გარსები — შედგენილი შედარებით თხელი, ორი ერთნაირი ორთოტროპული მუშა ფენისა და, განივი ძალების ქმედების ამთვისებელი, შუაში დატანებული მსუბუქი შევსებისაგან. იგულისხმება, რომ შევსების სისქე  $H$  საგრძნობლად აღემატება მუშა ფენების  $\Delta$  სისქეს  $\left(H \gg \Delta, \frac{\Delta}{H} + 1 \approx 1\right)$ , ხოლო მუშა ფენების პლასტიკური და დრეკადი სიმეტრიის სიბრტყეები მართობულნი არიან გარსის შუა ზედაპირზე გავლებული  $x$  და  $y$  სიმართლის წირებისა. მუშა ფენების მასალის პლასტიკური და დრეკადი მუდმივები (ზღვრები დენადობისა, გაჭიმვისა და ძვრის დროს, დრეკადობის მოდულები და პუასონის კოეფიციენტები) შესაბამისად აღვნიშნოთ საყოველთაოდ მიღებული სიმბოლოებით:  $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \tau_{sxy}, E_x, E_y, G_{xy}, \nu_{xy}$  და  $\nu_{yx}$ . ჩამოთვლილი მუდმივებიდან ზოგიერთის მიმართ დაუშვებთ, რომ ისინი ნებისმიერნი კი არ არიან, არამედ ემორჩილებიან გარკვეულ შეზღუდვას<sup>(1)</sup>:

$$\frac{\sigma_{yy}}{2\sigma_{xx}} = \nu_{xy} \frac{E_y}{E_x}. \quad (1.1)$$

მიღებული შეზღუდვა სამართლიანია თვისებრივი თვალსაზრისით რეალური მასალების უმრავლესობისათვის მაინც. იგი უნდა მივიჩნიოთ სამარ-

(<sup>1</sup> იზოტროპული გარსებისათვის მიღებული შეზღუდვა (1.1) გამოხატავს მასალის უკუშეზღუდობის პირობას.)



თლიანად ოდენობითი თვალსაზრისითაც, თუ გავითვალისწინებთ იმ „თვით-ნებობას“ (საკმაოდ დასაბუთებულს), რომელსაც საზოგადოდ იჩენენ გარსთა თეორიაში პუასონის კოეფიციენტის მნიშვნელობის მიმართ.

ადვილი დასაწახავია, რომ გარსის მუშა ფენების სისქის მიხედვით მოქმედი ნორმალური და მხები ძაბვები დაკავშირებულნი არიან დამოკიდებულებით

$$\frac{X_{zk}^2}{\sigma_{zx}^2} - \frac{X_{zk} Y_{yk}}{\sigma_{zx} \sigma_{zy}} + \frac{Y_{yk}^2}{\sigma_{zy}^2} + \frac{X_{yk}^2}{\tau_{xzy}^2} < 1, \quad (k = e, i)$$

სადაც ტოლობა შეესაბამება პლასტიკურ მდგომარეობას, ხოლო უტოლობა — დრეკადს. ინდექსები „e“ (exterior—გარე) და „i“ (interior—შიდა) მიუთითებენ განსახილველი ფენის ორიენტაციაზე გარსის შუა ზედაპირის შიგანობის მიმართ.

კავშირი დეფორმაციათა და ძაბვათა შორის ფენის დრეკადი მდგომარეობის დროს გამოიხატება თანახმად ჰუკის განზოგადებული კანონისა:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x - \varkappa_x \frac{H}{2} \operatorname{sign} \zeta &= \frac{1}{E_x} X_{zk} - \frac{\nu_{yz}}{E_y} Y_{yk}, \\ \varepsilon_y - \varkappa_y \frac{H}{2} \operatorname{sign} \zeta &= -\frac{\nu_{xy}}{E_x} X_{zk} + \frac{1}{E_y} Y_{yk} \quad (k = e, i), \\ \varepsilon_{xy} - \varkappa_{xy} \frac{H}{2} \operatorname{sign} \zeta &= \frac{1}{G_{xy}} X_{yk}, \end{aligned} \quad (1.2)$$

სადაც  $\varkappa_x, \varkappa_y, \varkappa_{xy}, \varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_{xy}$  გარსის შუა ზედაპირის მცირე ელემენტის გამრუდებისა და ზომათა ცვლის დამახასიათებელი ცნობილი პარამეტრებია.

დადგენა ანალოგიური კავშირისა პლასტიკური დეფორმაციის დროს ხერხდება დენადობის ფუნქციასთან გაიგივებული პლასტიკური პოტენციალის არსებობის შესახებ დაშვების შედეგად.

§ 2. დრეკად-პლასტიკური მდგომარეობის ხასიათი ისეთი სამფენოვანი გარსებისა, რომელთა რთული დაძაბული მდგომარეობა „უმარტივესია“

გავიხსენოთ განსაზღვრა გარსის უმარტივესი რთული დაძაბული მდგომარეობისა [4] დრეკად-პლასტიკური გარსის რთულ დაძაბულ მდგომარეობას ეწოდება უმარტივესი, თუ ხორციელდება ქვემოთ მოყვანილი ოთხი პირობიდან ერთ-ერთი შინაძე:

$$(a) X_{xe} = X_{xi}, X_{ye} = -X_{yi}, \varkappa_y = 0, \quad (b) X_{xe} = -X_{xi}, X_{ye} = X_{yi}, \varkappa_y = 0.$$

$$(c) X_{xe} = X_{xi}, X_{ye} = X_{yi}, \varepsilon_y = 0, \quad (d) X_{xe} = X_{xi}, X_{ye} = -X_{yi}, \varepsilon_y = 0.$$

საყურადღებოა, რომ, განსხვავებით შრომისგან [4], რომელშიაც განიხილებოდა გარსების წმინდა პლასტიკური მდგომარეობა, ახლა უკვე, გარდა სტატიკური პირობებისა, გვიხდება პოსტულირება კინემატიკური პირობებისაც ( $\varkappa_y = 0$ , ან  $\varepsilon_y = 0$ ).

ახლა დავამტკიცებთ, რომ, თუ რთული დაძაბული მდგომარეობა გარსისა უმარტივესია, მისი მუშა ფენების ვადასვლა დენადობის მდგომარეობაში

ხდება ერთდროულად. სხვანაირად რომ ვთქვათ, საკვლევი კლასის გარსებში არ არსებობენ დრეკად პლასტიკური არეები, დრეკადი და პლასტიკური არეები უშუალოდ უკავშირდებიან ერთმანეთს.

ამ დებულების დამტკიცებას მოვიყვანთ მხოლოდ გარსის დაძაბული მდგომარეობის (ა) შემთხვევისათვის. მტკიცების საწინააღმდეგოდ დავუშვათ, რომ გარსის რომელიღაც ნაწილში ხორციელდება დრეკად-პლასტიკური მდგომარეობა. მეტი კონკრეტულობისათვის ვიგულისხმობთ, რომ პლასტიკური ხდება გარსის გარეთა ფენა, იმ დროს როდესაც შიგნითა — რჩება დრეკადი. მაშასადამე:

$$\frac{X_{xs}^2}{\sigma_{sx}^2} - \frac{X_{xs}Y_{ys}}{\sigma_{sx}\sigma_{sy}} + \frac{Y_{ys}^2}{\sigma_{sy}^2} + \frac{X_{ys}^2}{\tau_{sxy}^2} = 1,$$

$$\frac{X_{xi}^2}{\sigma_{sx}^2} - \frac{X_{xi}Y_{yi}}{\sigma_{sx}\sigma_{sy}} + \frac{Y_{yi}^2}{\sigma_{sy}^2} + \frac{X_{yi}^2}{\tau_{sxy}^2} < 1.$$

ტოლობიდან უტოლობის გამოკლების შედეგად, თუ გავითვალისწინებთ, რომ

$$X_{xs} = -X_{xi}, \quad X_{ys} = -X_{yi},$$

მივიღებთ

$$\frac{X_{xi}}{\sigma_{sx}} + \frac{1}{\sigma_{sy}}(Y_{ys} - Y_{yi}) > 0. \tag{2.1}$$

ახლა ჩვენ ვაჩვენებთ, რომ

$$\frac{X_{xi}}{\sigma_{sx}} + \frac{1}{\sigma_{sy}}(Y_{ys} - Y_{yi}) = 0$$

როგორც პლასტიკური, ასევე დრეკადი არეებისთვისაც. მართლაც, მივმართოთ (1.2) დამოკიდებულებებიდან მეორეს და გადმოვიწეროთ იგი თითოეული (გარეთა და შიგნითა) ფენისათვის ცალ-ცალკე, როცა  $\alpha_y = 0$  და  $X_{xs} = -X_{xi}$  გვექნება:

$$\varepsilon_y = \frac{\nu_{xy}}{E_x} X_{xi} + \frac{1}{E_y} Y_{ys}.$$

$$\varepsilon_y = -\frac{\nu_{xy}}{E_x} X_{xi} + \frac{1}{E_y} Y_{yi}.$$

თუ ზედა ტოლობას წევრობრივ გამოვაკლებთ ქვედას, მივიღებთ:

$$2 \frac{\nu_{xy}}{E_x} X_{xi} + \frac{1}{E_y} (Y_{ys} - Y_{yi}) = 0 \tag{2.2}$$

ან კიდევ, თანახმად (1.1)-ისა:

$$\frac{X_{xi}}{\sigma_{sx}} + \frac{1}{\sigma_{sy}}(Y_{ys} - Y_{yi}) = 0.$$

ამგვარად, უტოლობა (2.1) შეუძლებელია და, მაშასადამე, შეუძლებელია შერეული დრეკად-პლასტიკური არეების წარმოქმნა. ანალოგიურად მტკიცდება იგივე დებულება გარსის სხვა (b), (c), (d) დაძაბული მდგომარეობების-



თვისაც. ასეთსავე დასკვნამდე, დრეკადი დეფორმაციების პლასტიკურობთან შედარებით უგულებელყოფის სიზუსტით, ჩვენ მივედით ადრევე [4], სკალარული  $\lambda$  მამრავლის (პლასტიკურობის კოეფიციენტის)  $\lambda$ -ის მიხედვით ლუწობაზე დამყარებით.

ის ფაქტი, რომ დრეკად-პლასტიკურ გარსში მხოლოდ წმინდა დრეკადი და წმინდა პლასტიკური არეგბია, ფრიად აადვილებს შესაბამისი ამოცანების გამოკვლევას. ამასთანავე, პლასტიკურ არეში ძალებებისა და მომენტების დადგენის ამოცანა სტატიკურად განსაზღვრულია. ჩვენ აღარ გამოვწერთ ზღვრული ზედაპირების განტოლებებს და შესაბამის კანონებს დენადობისა (დეფორმაციისა) სხვადასხვა ( $a$ ), ( $b$ ), ( $c$ ), ( $d$ ) შემთხვევებისათვის, რადგანაც ისინი უბრალოდ გამომდინარეობენ შრომაში [5] მიღებული დამოკიდებულებებიდან.

### § 3. ორთოტროპული ცილინდრული გარსების დრეკად-პლასტიკური წონასწორობა

განვიხილოთ ნახევრად უსასრულო მრგვალი მილი, რომლის პირზე მოქმედებენ გარენორმალის სწვრივად მიმართული გადამჭრელი ძალები. გამოვიკვლიოთ ასეთი მილის დრეკად-პლასტიკური მდგომარეობა.

კოორდინატთა სათავე მოვათავსოთ დრეკადი და პლასტიკური არეების ჯერჯერობით უცნობ საზღვარზე.  $x$  ღერძი გავატაროთ შუა ზედაპირის მსახველის სწვრივად, მოქმედი დატვირთვის მიმართულებით, ხოლო  $y$  და  $z$  ღერძები—შესაბამისად წრეწირის მხებებისა და შიგანორმალის სწვრივად.

წონასწორობის განტოლებანი ასე გამოიყურებიან:

$$\frac{d^2 M_x}{dx^2} + \frac{1}{a} T_y = 0, \quad \frac{dM_x}{dx} = Q_x, \quad (3.1)$$

სადაც  $a$  აღნიშნავს გარსის შუაზედაპირის რადიუსს, ხოლო  $M_x$ ,  $T_y$ ,  $Q_x$ —ღერძულ მღუნავ მომენტს, რგოლურსა და გადამჭრელ ძალებს.

როცა  $x < 0$ , გარსის დრეკად ნაწილში, თანახმად (1.2)-ისა, შესაბამისად შიგნითა და გარეთა ფენებისთვის გვაქვს

$$\varepsilon_x - \varkappa_x H / 2 = X_{xi} / E_x - \nu_{yx} Y_{yi} / E_y,$$

$$\varepsilon_x + \varkappa_x H / 2 = -X_{xi} / E_x - \nu_{yx} Y_{yi} / E_y,$$

$$\varepsilon_y = -\nu_{xy} X_{xi} / E_x + Y_{yi} / E_y,$$

$$\varepsilon_y = \nu_{xy} X_{xi} / E_x + Y_{yi} / E_y.$$

თუ გავითვალისწინებთ (2.2)-სა და უკანასკნელ დამოკიდებულებებს, ვიპოვიოთ

$$\varkappa_x = -\frac{2(1 - \nu_{xy}\nu_{yx})}{E_x H} X_{xi},$$

$$\varepsilon_y = \frac{Y_{yi} + Y_{yi}}{2 E_y}.$$



რომდენადაც

$$\varepsilon_x = \frac{d^2 w}{dx^2}, \quad \varepsilon_y = -\frac{w}{a}, \quad X_{xi} = M_x / \Delta H, \quad Y_{yi} + Y_{yi} = T_y / \Delta$$

იმდენად

$$M_x = -\frac{\Delta H^2 E_x}{2(1 - \nu_{xy}\nu_{yx})} \frac{d^2 w}{dx^2}, \quad T_y = -\frac{2 \Delta E_y}{a} w, \quad (3.2)$$

სადაც  $w$  გაღუნვას აღნიშნავს.

თუ შევიტანთ მომენტისა და ძალის მნიშვნელობებს წონასწორობის განტოლებაში, მივიღებთ

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4 \beta^4 w = 0,$$

სადაც, განსხვავებით ჩვეულებრივი იზოტროპული გარსისათვის გამოყვანილი განტოლებისგან:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{(1 - \nu_{xy}\nu_{yx}) E_y}{a^2 H^2 E_x}}.$$

განტოლების ამონახსენია

$$w = e^{\beta x} (c_1 \cos \beta x + c_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x} (c_3 \cos \beta x + c_4 \sin \beta x),$$

სადაც  $c_1, c_2, c_3, c_4$  ინტეგრების მუდმივებია. თუ მხედველობაში მივიღებთ პირობებს უსასრულობაში, უნდა დავუშვათ:  $c_3 = c_4 = 0$ .

გამოვხატოთ დანარჩენი ორი მუდმივი  $c_1$  და  $c_2$  დრეკადი და პლასტიკური არეების საზღვარზე მოქმედი მომენტისა და ძალის საშუალებით

$$c_1 = w(0) = -\frac{a}{2 \Delta E_y} T_y(0), \quad (3.3)$$

$$c_2 = w'(0) / 2 \beta^2 = -\frac{1 - \nu_{xy}\nu_{yx}}{\beta^2 \Delta H^2 E_x} M_x(0).$$

ერთდროულად მოვიყვანოთ სხვა ფორმულებსაც, რომლებიც შემდგომ დაგვჭირდება

$$w'(0) = -\left[ \frac{\beta a}{2 \Delta E_y} T_y(0) + \frac{1 - \nu_{xy}\nu_{yx}}{\beta \Delta H^2 E_x} M_x(0) \right], \quad (3.4)$$

$$Q_x(0) = \beta M_x(0) - \frac{a H^2 \beta^3 E_x}{2(1 - \nu_{xy}\nu_{yx}) E_y} T_y(0). \quad (3.5)$$

მივხედოთ ახლა პლასტიკურ არეს. ფენათა მასალის დენადობის პირობა ძალისა და მომენტის მეშვეობით გამოხატული (სასრული დამოკიდებულება მათ შორის) ასე გამოიყურება [5]:



$$\frac{T_y^2}{(2 \Delta \sigma_{sy})^2} + \frac{3}{4} \frac{M_x^2}{(\Delta H \sigma_{sx})^2} = 1. \quad (3.6)$$

ამასთანავე, გარსის გამოსაკვლევ მდგომარეობას შეესაბამება არა მთელი ელიფსი (3.6), არამედ მხოლოდ რკალი მისი, მოთავსებული პირველ კვადრანტში,

$$M_x = 0, T_y = 2 \Delta \sigma_{sy} \text{ და } M_x = M_x(0), T_y = T_y(0)$$

წერტილებს შორის.

რაც შეეხება გარსის მუშა ფენების მასალის დენადობის კანონს (უფრო სწორად, დეფორმაციის კანონს), მას ასეთი სახე აქვს [5]:

$$-\frac{\sigma_{sy} \tau / a}{(T_y / 2 \Delta \sigma_{sy})} = \frac{H \sigma_{sx} d^2 w / d \lambda^2}{\frac{3}{2} (M_x / \Delta H \sigma_{sx})}. \quad (3.7)$$

შენაცვლება დეფორმაციითა სიჩქარეებისა (ან ნაზრდებისა) საკუთრივ დეფორმაციებით დასაშვებად უნდა ჩაითვალოს, რადგანაც ნაგულისხმევი დეფორმაციითა სიმცირე, ხოლო ძალვა და მომენტი განისაზღვრება თანახმად წონასწორობის (3.1) განტოლებისა და დენადობის (3.6) პირობისა როგორც ფუნქციები მხოლოდ  $x$ -ისა.

მივიღოთ ახლა  $M_x(0)$ -ისა და  $T_y(0)$ -ის საცხებით გარკვეული მნიშვნელობანი და გამოვიკვლიოთ გარსის ის დრეკად-პლასტიკური წონასწორობა, რომელიც შეესაბამება ტოლქმედი სიდიდეების მოცემულ წყვილს.

წონასწორობის (3.1) განტოლებათა და სასრული (3.6) დამოკიდებულების გათვალისწინებით შეგვიძლია დავწეროთ ა. ილიუშინის წაბაძვით:

$$Q_x^2 = Q_x^2(0) - \frac{2 \sqrt{3} \sigma_{sy}}{a H \sigma_{sx}} \int_{M_x(0)}^{M_x} \left[ \frac{4}{3} (\Delta H \sigma_{sx})^2 - M_x^2 \right]^{1/2} dM_x, \quad (3.8)$$

სადაც დრეკადი და პლასტიკური არეების საზღვარზე მოქმედი, ვადამჭრელი  $Q_x(0)$  ძალის მნიშვნელობა ნაანგარიშევა თანახმად (3.5) ფორმულისა. დამოკიდებულება (3.8) იძლევა საშუალებას განვსაზღვროთ ის ვადამჭრელი ძალა  $Q_x(l)$ , რომელიც მოქმედებს გარსის ვანაპირა ( $x = l$ ) კვეთში და აპირობებს შესასწავლ დრეკად-პლასტიკურ მდგომარეობას

$$Q_x(l) = \left\{ Q_x^2(0) + \frac{\sqrt{3} \sigma_{sy}}{a H \sigma_{sx}} \left[ M_x(0) \left( \frac{4}{3} (\Delta H \sigma_{sx})^2 - M_x^2(0) \right)^{1/2} + \frac{4}{3} (\Delta H \sigma_{sx})^2 \arcsin \left( \frac{M_x(0)}{\frac{2}{\sqrt{3}} \Delta H \sigma_{sx}} \right) \right] \right\}^{1/2}.$$



ინტეგრალური განტოლების ამონახსენი, რა თქმა უნდა, შეიძლება მივიღოთ მიმდევრობითი მიახლოების ხერხით, კვადრატურების რიცხვით ინტეგრებით. მაგრამ ასეთი გზა ნაკლებად ეფექტურია, ვიდრე საკუთრივ განტოლების რიცხვითი ამოხსნა, რომელიც მდგომარეობს მარტივი რეკურენტული დამოკიდებულებების გამოყენებაში [6].

თუ გარსის დრეკად-პლასტიკური დეფორმაცია უმნიშვნელოა, გალუნვათა მიახლოებითი განსაზღვრისათვის საკმარისი სიზუსტით შეიძლება ვისარგებლოთ გამოსახულებით

$$w(x) = w(0) + w'(0)x - \frac{1 - \nu_{xy}\nu_{yx}}{\Delta H^2 E_x} M_x(0)x^2 + \frac{1 - \nu_{xy}\nu_{yx}}{3 \Delta H^2 E_x l} M_x(0)x^3,$$

რომელიც დრეკადი და პლასტიკური არეების საზღვარზე აკმაყოფილებს გალუნვის, მობრუნების კუთხისა და სიმრუდის უწყვეტობის პირობებს, ხოლო გარსის დატვირთულ კიდეზე—გაუმრუდებლობის პირობას [იხ. ფორმულა (3.2)].

დასასრულს აღვნიშნავთ, რომ ნაშრომში წარმოდგენილი შედეგები და ჩატარებული მსჯელობა შეიძლება გავრცელდეს ჩვეულებრივ დრეკად-პლასტიკურ ერთფენოვან გარსებზე რაბოტნოვის მიახლოებითი ტექნიკური თეორიის ფარგლებში [3].

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 24.4.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. А. Ильюшин. Пластичность. Гостехиздат, 1948.
2. В. В. Соколовский. Теория пластичности. Гостехиздат, 1950.
3. Ю. Н. Работнов. Приближенная техническая теория упруго-пластических оболочек. ПММ, XV, вып. 2, 1951.
4. М. Ш. Микеладзе. О пластическом течении анизотропных оболочек. Известия АН СССР, ОТН, № 8, 1955.
5. М. Ш. Микеладзе. Общая теория анизотропных жестко-пластических оболочек. Известия АН СССР, ОТН, № 1, 1957.
6. М. Ш. Микеладзе. Численное решение системы дифференциальных уравнений. Приложение метода к расчету вращающейся оболочки. ПММ, XVII, вып. 3, 1953.

ფიზიკა

თ. ბაჩიჩილაძე

## წესრიგის გავრცელების საკითხისათვის ბინარულ შენაღწეობთა თეორიაში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 3.7.1957)

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

ზესტრუქტურების პრობლემა მკაცრად შეიძლება ჩამოყალიბდეს მხოლოდ გარკვეული ტიპის ბინარული შენაღწეობების შემთხვევაში. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ პრობლემის გადაწყვეტისას წარმოიქმნება სიძნელებები, რომელნიც არ არიან მარტო მათემატიკური ხასიათისა. ფიზიკური არაცალსახეობა თავს იჩენს როგორც ისეთ თეორიებში, სადაც ინვარიანტობის გარკვეული პირობები თავიდანვე ზღუდავენ კრისტალური მესერების შესაძლო კლასებს, ისევე ისეთებშიც, რომელთა ძირითადი დაშვება ანალოგიურია ვეისის დაშვებისა ფერომაგნეტიზმის თეორიაში: „ძალა“, რომელიც ამყარებს წესრიგს კრისტალის რომელიღაც წერტილში, ცალსახად განისაზღვრება მთელ კრისტალში არსებული საშუალო წესრიგით (შორი წესრიგი). უკანასკნელი ტიპის თეორიებში სიძნელე მდგომარეობს თვით წესრიგის პარამეტრების განსაზღვრაში (განსაკუთრებით შორი წესრიგის პარამეტრისა). ამიტომ შემდგომ ჩვენ შემოვიხილავთ ჩანაცვლების ტიპის ბინარული შენაღწეობების განხილვით; ამასთან კონცენტრაციებს შორის უნდა არსებობდეს ისეთი დამოკიდებულება, რომ აზრი ჰქონდეს მთელი კრისტალური მესერის დაშლას ცალკეულ ქვემესერებად.

პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთი გზა ასეთია: უნდა განისაზღვროს შემდეგი ტიპის სიდიდეები

$$P_{\dots, \Lambda, \dots}^{(\dots, \Lambda', \dots)} (\dots, \Lambda', \dots), \dots, \dots \quad (1)$$

რომელნიც გამოხატავენ იმის ალბათობას, რომ, თუ  $(\dots, l, \dots)$  კვანძებში იმყოფება  $\dots, \Lambda, \dots$  ტიპის ატომები  $(\dots, \Lambda, \dots = a$  ან  $b)$ , მაშინ  $(\dots, l', \dots)$ -ში გვექნება  $\dots, \Lambda', \dots$  ტიპის ატომები  $(\dots, \Lambda', \dots = a$  ან  $b)$ .

ალბათობათა თეორია იძლევა განტოლებათა უსასრულო სისტემის პოენის საშუალებას, რომელიც აკავშირებს ამ ალბათობებს, რაც, თავის მხრივ, გვაძლევს საფუძველს, პრინციპში მაინც, ჩავთვალოთ პრობლემა გადაწყვეტილად. მაგრამ პრაქტიკულად ყოველივე ამის განხორციელება შეუძლებელია მათემატიკური სიძნელების გამო. ამიტომ ყველა შემთხვევაში მიმართავენ „თერმოდინამიკურ“ გზას. ეს გზა მდგომარეობს იმაში, რომ ალბათობათა სრული სისტემის ნაცვლად განიხილავენ მხოლოდ გარკვეული ტიპის ალბა-

თობებს. მაგალითად, შეიძლება განვიხილოთ მხოლოდ აპრიორული ალბათობები  $m_a$  და  $m_b$  (ეს იქნება ნულოვანი კორელაციის მიახლოება), ან კიდევ როგორც ეს გააკეთა კოულიმ, შემოვისასწვროთ ასეთი ტიპის ალბათობებით:  $m_a$ ,  $m_b$  და  $P_a^{(0)}(\beta)_j$  [1]. ამ შემთხვევაში კვანძებს შორის კორელაცია არსებობს და ჩვენ შეგვიძლია გამოვითვალოთ, მაგალითად, თავისუფალი ენერგიის კონფიგურაციული ნაწილის ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია კორელაციის არსებობით.

### ε-პარამეტრების განსაზღვრა

კავშირი აპრიორულ და  $P_a^{(0)}(\beta)_j$  ტიპის აპოსტერიორულ ალბათობებს შორის ასეთია:

$$\begin{aligned} P_a^{(0)}(a)_j &= m_a + m_b \alpha_j, & P_a^{(0)}(b)_j &= m_b (1 - \alpha_j), \\ P_b^{(0)}(a)_j &= m_a (1 - \alpha_j), & P_b^{(0)}(b)_j &= m_b + m_a \alpha_j, \end{aligned} \quad (2)$$

სადაც  $P_a^{(0)}(a)_j$  არის ალბათობა იმისა, რომ, თუ ცენტრში იმყოფება  $a$ -ატომი, მაშინ  $j$ -ურ კვანძში გვექნება  $a$ -ატომი, ...; აპრიორული ალბათობები,  $m_a$  და  $m_b$ , წარმოადგენენ  $a$  და  $b$  ატომების კონცენტრაციებს შესაბამისად, ხოლო  $\alpha_j$  წესრიგის პარამეტრებია.  $\alpha_j$ -სიდიდეებს გარკვეული ფიზიკური აზრი აქვთ: ეს პარამეტრები წარმოადგენენ სამგანზომილებიანი ფურიეს მწკრივების კოეფიციენტებს, რომელნიც გამოხატავენ „გაბნევის ხარისხს“ შებრუნებულ მესერის კოორდინატთა ფუნქციების სახით [1].

კოულიმს მიდგომა ისეთია, რომ აუცილებელია  $\alpha_j$ -პარამეტრები ჩავთვალოთ დამოუკიდებლებად, რაც ფიზიკური თვალსაზრისით მიახლოებას წარმოადგენს.

ჩვენ შემოვისასწვრებით არა პირველი  $n$  ალბათობით, არამედ პირველი 14-ით. ამ შემთხვევაში აუცილებელია ახალი პარამეტრების შემოყვანა; ერთ-ერთი მათგანი, ნიშნამდე სიზუსტით, თანხვედრა ლიფშიცის კორელაციის პარამეტრს [2], ხოლო დანარჩენები გამოხატავენ შრეების გავლენას კვანძში გარკვეული ტიპის ატომის მოხვედრის ალბათობაზე.

ჩვენ მიზანს წარმოადგენს ამ პარამეტრებისათვის შესაბამისი წონასწორული განტოლებების გამოყვანა თერმოდინამიკური გზით. ამის შემდეგ საშუალება გვექნება ვიპოვოთ კავშირი  $\alpha_j$ -პარამეტრებს შორის, რადგანაც გაბნევის ხარისხი დაკავშირებულია პირველ აპოსტერიორულ ალბათობებთან.

თუ შემოვისასწვრებით წრფივი მესერის განხილვით, მაშინ

$$\begin{aligned} P_{a,a}^{(0,j-1)}(a)_j &= 1 - P_{a,a}^{(0,j-1)}(a)_j = P_a^{(j-1)}(a)_j = 1 - P_a^{(j-1)}(b)_j, \\ P_{b,b}^{(0,j-1)}(a)_j &= 1 - P_{b,b}^{(0,j-1)}(b)_j = P_b^{(j-1)}(a)_j = 1 - P_b^{(j-1)}(b)_j, \\ P_{a,b}^{(0,j-1)}(a)_j &= 1 - P_{a,b}^{(0,j-1)}(b)_j = P_b^{(j-1)}(a)_j = 1 - P_b^{(j-1)}(b)_j, \\ P_{b,a}^{(0,j-1)}(a)_j &= 1 - P_{b,a}^{(0,j-1)}(b)_j = P_a^{(j-1)}(a)_j = 1 - P_a^{(j-1)}(b)_j. \end{aligned} \quad (3)$$

გარდა ამისა, თუ გავიხსენებთ, რომ მნიშვნელობა აქვს არა კვანძის ნომერს, არამედ მანძილს ცენტრამდე, მივიღებთ, რომ  $P_{[...j-1]}^{(0,j-1)}(\dots)_j$  ალბათო-

ბები გამოისახება კოულის პირველი პარამეტრის საშუალებით, რომელიც ნიშნამდე სიზუსტით თანხვდება ლიფშიცის პარამეტრს.

არაწორფივი მოდელის შემთხვევაში ატომების დაფიქსირება როგორც ცენტრში, ისევე  $(j-1)$  კვანძში ერთდროულ გავლენას ახდენს  $j$ -კვანძზე და ამიტომ ამ შემთხვევაში უკვე ვედარ დავწერთ (3)-ის ანალოგიურ მარტივ დამოკიდებულებებს. ამ გარემოების გასათვალისწინებლად შემოვიყვანოთ ახალი  $\varepsilon$ -პარამეტრები შემდეგ ტოლობათა საშუალებით:

$$P_{a,a}^{(0,j-1)}(a)_j = m_a + m_b y \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1),$$

$$P_{b,b}^{(0,j-1)}(a)_j = m_a(1 - y \varepsilon_b^{(0)}(j, j-1)),$$

$$P_{a,b}^{(0,j-1)}(a)_j = m_a(1 - y \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1)),$$

$$P_{b,a}^{(0,j-1)}(a)_j = m_a m_b y \varepsilon_b^{(0)}(j, j-1),$$

$$P_{a,a}^{(0,j-1)}(b)_j = m_b(1 - y \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1)),$$

$$P_{b,b}^{(0,j-1)}(b)_j = m_b + m_a y \varepsilon_b^{(0)}(j, j-1),$$

$$P_{a,b}^{(0,j-1)}(b)_j = m_b + m_a y \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1),$$

$$P_{b,a}^{(0,j-1)}(b)_j = m_b(1 - y \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1)).$$

ცხადია, რომ, თუ გამოვიყენებთ (4)-ს, მივიღებთ

$$\begin{aligned} P_a^{(0)}(a)_j &= {}^a_a Q_j^{aa} + {}^a_a Q_j^{bb}, & P_a^{(0)}(b)_j &= {}^b_a Q_j^{aa} + {}^b_a Q_j^{bb} \\ P_b^{(0)}(a)_j &= {}^a_b Q_j^{aa} + {}^a_b Q_j^{bb}, & P_b^{(0)}(b)_j &= {}^b_b Q_j^{aa} + {}^b_b Q_j^{bb} \end{aligned} \quad (5)$$

სადაც

$$\begin{aligned} {}^a_a Q_j^{aa} &= (m_a + m_b y) [m_a + m_b y^{j-1} \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_a^{(0)}(2, 1)], \\ {}^a_a Q_j^{bb} &= m_a m_b (1 - y) [1 - y^{j-1} \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_a^{(0)}(2, 1)], \\ {}^b_a Q_j^{aa} &= m_a (m_a + m_b y) [1 - y^{j-1} \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_a^{(0)}(2, 1)], \\ {}^b_a Q_j^{bb} &= m_b (1 - y) [m_b + m_a y^{j-1} \varepsilon_a^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_a^{(0)}(2, 1)], \\ {}^a_b Q_j^{aa} &= m_a (1 - y) [m_a + m_b y^{j-1} \varepsilon_b^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_b^{(0)}(2, 1)], \\ {}^a_b Q_j^{bb} &= m_a (m_b + m_a y) [1 - y^{j-1} \varepsilon_b^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_b^{(0)}(2, 1)], \\ {}^b_b Q_j^{aa} &= m_a m_b (1 - y) [1 - y^{j-1} \varepsilon_b^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_b^{(0)}(2, 1)], \\ {}^b_b Q_j^{bb} &= (m_b + m_a y) [m_b + m_a y^{j-1} \varepsilon_b^{(0)}(j, j-1) \dots \varepsilon_b^{(0)}(2, 1)], \end{aligned} \quad (6)$$

სადაც მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

$${}^a_a Q_j^{aa} \equiv {}^a_a Q_j^{aa}, \text{ და ა. შ.,}$$

$$\text{აგრეთვე } {}^a_a Q_{j-1}^{aa}(j, j-1) \equiv P_{a,a}^{(0,j-1)}(a)_j \text{ და ა. შ.} \quad (7)$$

კონფიგურაციული თავისუფალი ენერგია

ზოგადი ფორმულა ასეთია:

$$F = U - TS,$$

სადაც  $U$  კონფიგურაციული ენერგიაა, ხოლო  $S$ —შესაბამისი ენტროპია.



თუ  $(a_j, a_i), \dots$  წყვილების ურთიერთქმედებას აღვნიშნავთ  $V_{ij}^a, \dots$ , მაშინ, როგორც ადვილი სანახავია,

$$\begin{aligned}
 U = & \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \{ V_{ij}^{aa} [ m_a ( {}^a Q_i^{aa} + {}^a Q_i^{ab} ) ( {}^a Q_j^{aa} + {}^a Q_j^{ab} ) \\
 & + m_b ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) ( {}^b Q_j^{ba} + {}^b Q_j^{bb} ) ] \\
 & + V_{ij}^{bb} [ m_a ( {}^b Q_i^{aa} + {}^b Q_i^{ab} ) ( {}^b Q_j^{aa} + {}^b Q_j^{ab} ) \\
 & + m_b ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) ( {}^b Q_j^{ba} + {}^b Q_j^{bb} ) ] \\
 & + V_{ij}^{ab} [ m_a [ ( {}^a Q_i^{aa} + {}^a Q_i^{ab} ) ( {}^b Q_j^{aa} + {}^b Q_j^{ab} ) + ( {}^b Q_i^{ba} \\
 & + {}^b Q_i^{bb} ) ( {}^a Q_j^{aa} + {}^a Q_j^{ab} ) ] + m_b [ ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) ( {}^a Q_j^{ba} \\
 & + {}^a Q_j^{bb} ) + ( {}^b Q_i^{aa} + {}^b Q_i^{ab} ) ( {}^a Q_j^{ba} + {}^a Q_j^{bb} ) ] \} , \quad (9)
 \end{aligned}$$

და

$$\begin{aligned}
 \frac{S}{k} = & - \sum_i \{ m_a [ ( {}^a Q_i^{aa} + {}^a Q_i^{ab} ) \log ( {}^a Q_i^{aa} + {}^a Q_i^{ab} ) \\
 & + ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) \log ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) ] \\
 & + m_b [ ( {}^a Q_i^{ba} + {}^a Q_i^{bb} ) \log ( {}^a Q_i^{ba} + {}^a Q_i^{bb} ) \\
 & + ( {}^b Q_i^{aa} + {}^b Q_i^{ab} ) \log ( {}^b Q_i^{aa} + {}^b Q_i^{ab} ) ] \} . \quad (10)
 \end{aligned}$$

თუ გამოვიყენებთ (9), (10) და ფაულერის თეორემას [3], თავისუფალი ენერჯიისათვის საბოლოოდ მივიღებთ

$$\begin{aligned}
 F = & \frac{1}{2} \sum_i \sum_j V_{ij} \{ m_a [ ( {}^a Q_i^{aa} + {}^a Q_i^{ab} ) ( {}^b Q_j^{aa} + {}^b Q_j^{ab} ) \\
 & + ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) ( {}^a Q_j^{aa} + {}^a Q_j^{ab} ) ] + m_b [ ( {}^a Q_i^{ba} \\
 & + {}^a Q_i^{bb} ) ( {}^b Q_j^{ba} + {}^b Q_j^{bb} ) + ( {}^b Q_i^{aa} + {}^b Q_i^{ab} ) ( {}^a Q_j^{ba} + {}^a Q_j^{bb} ) ] \\
 & + k T \sum \{ m_a [ ( {}^a Q_i^{aa} + {}^a Q_i^{ab} ) \log ( {}^a Q_i^{aa} + {}^a Q_i^{ab} ) \\
 & + ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) \log ( {}^b Q_i^{ba} + {}^b Q_i^{bb} ) ] \\
 & + m_b [ ( {}^a Q_i^{ba} + {}^a Q_i^{bb} ) \log ( {}^a Q_i^{ba} + {}^a Q_i^{bb} ) \\
 & + ( {}^b Q_i^{aa} + {}^b Q_i^{ab} ) \log ( {}^b Q_i^{aa} + {}^b Q_i^{ab} ) ] \} ,
 \end{aligned}$$

სადაც  $Q$  სიდიდეები მოიცემა (6) ფორმულით, ხოლო

$$V_{ij} = \frac{1}{2} ( V_{ij}^{aa} + V_{ij}^{bb} ) - V_{ij}^{ab} . \quad (12)$$

წონასწორობის განტოლებები

ე-პარამეტრების წონასწორობის მნიშვნელობები განისაზღვრება თავისუფალი ენერჯიის მინიმუმობის პირობებიდან

$$\delta F = \delta U - T \delta S \quad (13)$$



(11)-ის თანახმად ვლებულობთ ტრანსცენდენტურ განტოლებათა უსასრულო სისტემას

$$\sum_i \sum_{j \neq i} V_{ij} (\chi_{2a}^j - \chi_{1a}^j) \frac{\partial \chi_{1a}^{ij}}{\partial z_a^{(0)}(i, i-1)} = -kT \sum_{j \neq i} \log \frac{\chi_{1a}^{ij}}{\chi_{2a}^{ij}} \frac{\partial \chi_{1a}^{ij}}{\partial z_a^{(0)}(i, i-1)}, \quad (14)$$

$$\sum_i \sum_{j \neq i} V_{ij} (\chi_{2b}^j - \chi_{1b}^j) \frac{\partial \chi_{1b}^{ij}}{\partial z_b^{(0)}(i, i-1)} = -kT \sum_{j \neq i} \log \frac{\chi_{1b}^{ij}}{\chi_{2b}^{ij}} \frac{\partial \chi_{1b}^{ij}}{\partial z_b^{(0)}(i, i-1)}, \quad (15)$$

სადაც

$$\chi_{1a}^{ij} = {}^a Q_{ij}^{aa} + {}^a Q_{ij}^{ab}; \quad \chi_{2a}^{ij} = {}^b Q_{ij}^{aa} + {}^b Q_{ij}^{ab}; \quad (16)$$

$$\chi_{1b}^{ij} = {}^b Q_{ij}^{ba} + {}^b Q_{ij}^{bb}; \quad \chi_{2b}^{ij} = {}^b Q_{ij}^{ba} + {}^b Q_{ij}^{bb},$$

და გამოყენებული იყო შემდეგი დამოკიდებულებები:

$$\frac{\partial \chi_{1a}^{ij}}{\partial z} = - \frac{\partial \chi_{2a}^{ij}}{\partial z}; \quad \frac{\partial \chi_{1b}^{ij}}{\partial z} = - \frac{\partial \chi_{2b}^{ij}}{\partial z}. \quad (17)$$

ყველგან  $i$ -ატომი განიხილება როგორც  $i$ -ური შრის გარკვეული ატომი, ასე რომ  $i = (l, m, n)$ . ამიტომ ყველა ზემოთ მოყვანილ ფორმულაში აჯამება ხდება მესერის ყველა ატომის მიხედვით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ფიზიკის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 4.7.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. W. Cowley. Approximate theory of order in alloys. Phys. Rev. 77, 669, 1950.
2. И. Лифшиц. К теории твёрдых растворов. ЖЭТФ, т. 9, стр. 481, 1939.
3. P. Fowler. Statistical Mechanics. Cambridge, 1936.

## ბიოფიზიკა

ბ. ცხაპანი და ღ. სიხარულიძე

## ზემო სამეგრელოს 1955 წლის 25 დეკემბრის მიწისძვრა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზაგრაიევმა 18.6.1957)

კავკასიის სეისმურობის გარკვევისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს კავკასიონის ნთაგრეხილზე მომხდარი მიწისძვრების შესწავლას. კავკასიონის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი, კერძოდ შემახის რაიონი, განსაკუთრებით გასულ საუკუნეში სეისმურად მეტად აქტიური იყო. აქ 1902 წლამდე მოხდა მრავალი დამანგრეველი მიწისძვრა. შემდეგ ეს მხარე შედარებით მშვიდი გახდა. კავკასიონის ის ნაწილი, რომელიც მოიცავს ყაზბეგს, ჩაუხს, ბორბალოს და სხვა აღმოსავლეთ მთიან უბნებს, სეისმურად ინტენსიური გახდა 1946 წლიდან, ხოლო ცენტრალური და განსაკუთრებით მისი დასავლეთი ნაწილი დღემდე ნაკლებად აქტიური იყო.

სეისმური აქტივობა 1955 წლის დამლევს აღმოსავლეთ კავკასიიდან მის დასავლეთ და ცენტრალურ ნაწილში გადავიდა. 1955 წლის 21 და 27 დეკემბერს სოჭის რაიონში მოხდა ძლიერი მიწისძვრა, რომელმაც გამოიწვია შენობების დაზიანება, უფრო მეტად კრასნაია პოლიანას დასახლებულ ნაწილში, სადაც განლაგებულია მისი ეპიცენტრები. ამ მიწისძვრებს შემდეგ მოჰყვა ბევრი მომდევნო ბიძგი, რომელთა უმრავლესობა შეგრძნობილ იქნა მოსახლეობის მიერ [1, 2, 3]. ამ დროის შუალედში, 22 დეკემბრის 14 ს. 18 მინ. და 18 სექ. (გრიწვიჩის დროით) მიწისძვრა მოხდა კასპიის ზღვაში (ეპიცენტრით  $\varphi = 42^{\circ}, 3$ ,  $\lambda = 48^{\circ}, 5$ ), რომელიც თავისი სიძლიერით აღემატება კრასნაია პოლიანას მიწისძვრას. მისი ინტენსივობაა  $M = 4,5$  [4]. 25 დეკემბერს 18 ს. 43 მინ. და 29 სექ. VI—VII-ბალიანი მიწისძვრა მოხდა (ეპიცენტრით  $\varphi = 42^{\circ}, 7N$ ;  $\lambda = 42^{\circ}, 3E$ ): აგრეთვე სამეგრელოს მთიანეთში, ცენტრალური კავკასიონის სამხრეთ განშტოებაზე.

კავკასიის 1912—1953 წლების ეპიცენტრების რუკაზე, რომელიც შედგენილია სსრ კავშირის სეისმურობის რუკების ატლასისათვის, ნათლად ჩანს, რომ სოჭა-კრასნაია პოლიანასა და 1955 წლის 25 დეკემბრის მიწისძვრის განლაგების რაიონში არ გვაქვს ეპიცენტრები, რაც მიუთითებს სეისმურობის თვალსაზრისით ცენტრალური და დასავლეთი კავკასიონის მშვიდ ხასიათზე.

უნდა ვიფიქროთ, რომ კავკასიონის აღმოსავლეთი ნაწილის ეპიცენტრების მიგრაცია წარმოებს მის ცენტრალურ და დასავლეთ ნაწილში. 1955 წლის 21 დეკემბრის მიწისძვრის ეპიცენტრმა მიგრაცია განიცადა კრასნაია პოლიანადან (1955 წ. 22.XII) კასპიის ზღვაში, აქედან კი ზემო სამეგრელოს მთიან რა-

იონში, რაც გამოიხატა 1955 წ. 25.XII-ის მიწისძვრით, შემდეგ კი ისევ 1955 წ. 27.XII მიწისძვრით კრასნაია პოლიანაში.

25.XII-ის 18 ს. 45 მ. 29 სექ. მიწისძვრა (მიწისძვრის კერაში დაწყების მომენტი გრინვიჩის დროით) ჩაწერილია კავკასიის ყველა სეისმური სადგურის და აგრეთვე ზოგ სხვა როგორც საბჭოთა კავშირის, ისე საზღვარგარეთის სეისმური სადგურის მიერ.

მაქსიმალური ძალით ეს მიწისძვრა შეგრძნობილ იქნა ჩხოროწყუსა და წალენჯიხის ჩრდილო რაიონებში, ხობისწყლისა და მისი შენაკადის ჭანისწყლის ხეობებში განლაგებულ შემდეგ სოფლებში: მუხური, ჭგალი, მიქაეა და ტაია.

ამ პუნქტებში დაკვირვებულ იქნა ბუხრისა და საკვამლე მიწების დაზიანება, ქვის შენობებში ნაპრალები, ხის სახლების ძლიერი რყევა, პანიკა (6 ბალი) (1. აღნიშნულ რაიონებში შენობები უმეტესად ხისა და მხოლოდ გამონაკლისის სახით არის ქვის შენობები).

ეს მიწისძვრა ცალკეულ პუნქტებში შემდეგი ძალით გამოვლინდა:

1. აბასთუმანი	3 ბალი	19. ნაიფუ	5 ბალი
2. აბაშა	3 "	21. სამტრედია	3 "
3. ამბროლაური	3 "	20. ოჩამჩირე	3 "
4. ბაკურიანი	3 "	22. საჩხერე	3 "
5. ბორჯომი	3 "	23. ტყვარჩელი	4 "
6. ბუქისციხე	3 "	24. შრომა	3 "
7. დიმი	3 "	25. ჩოხატაური	3 "
8. ზესტაფონი	3 "	26. ცაგერი	4 "
9. ზუგდიდი	4 "	27. ცხაკაია	3 "
10. ზუბი	4 "	28. წალენჯიხა	4 "
11. კურუ	5 "	29. წულუკიძე	3 "
12. ლახამულა	4 "	30. ხაბუძე	5 "
13. ლექსურა	4 "	31. ხაიში	4 "
14. მახარაძე	3 "	32. ხელედი	4 "
15. მაიაკოვსკი	3 "	33. ხობი	3 "
16. მიქაეა	6 "	34. ჭგალი	6 "
17. მესტია	4 "	35. ჯვარი	5 "
18. მუხური	6 "		

ამ მიწისძვრების მაკროსეისმური რუკა, შედგენილი არსებული მასალების (ადგილზე შესწავლილი და ანკეტური მონაცემებით) საფუძველზე IV, V და VI-ბალიანი იზოსეისტებით, მოცემულია ნახ. 1-ზე.

25 დეკემბრის მიწისძვრის ეპიცენტრი მოთავსებული უნდა იყოს მთიან ნაწილში, სადაც არ გვაქვს დასახლებული პუნქტები, ამიტომ VI-ბალიანი და სხვა იზოსეისტების ჩრდილოეთი ნაწილი გაყვანილია წყვეტილი ხაზებით.

მაკროსეისმური რუკის საფუძველზე, მასალების არასაკმარისობის გამო, ეპიცენტრი ზუსტად არ შეიძლება განვსაზღვროთ, მხოლოდ უდავოდ შეგვიძ-

(1 ეს მიწისძვრა დაზიანების ადგილზე გამოკვლეულ იქნა დ. სიხარულიძისა და ზუგდიდის სეისმური სადგურის გამგის პ. ყალიჩაეას მიერ.



1955 წ. 25.XII  $\varphi=42^{\circ},7N$ ;  $\lambda=42^{\circ},3E$ .  $O=18$  ს. 43 მ. 29 სეკ.  $\pm 1$  სეკ.

ცხრილი 1

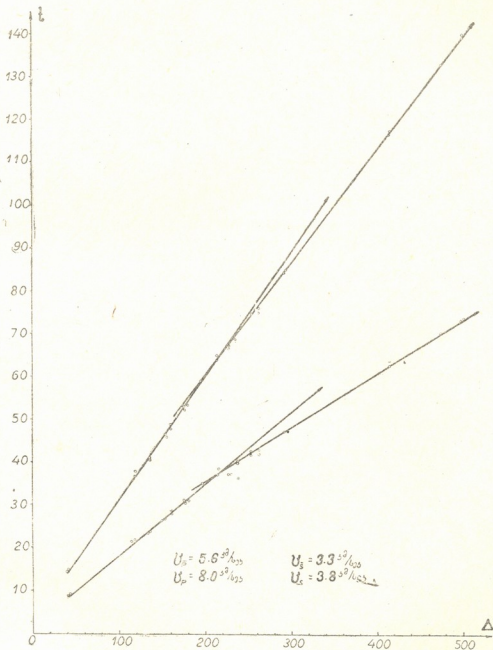
სეისმური სადგური	p		s		s-p	$\Delta$ კმ.	შენიშვნა
	ს.	მინ. სეკ.	მინ.	სეკ.			
ზუგდიდი . . . . .	$i\bar{p}$ 18	43 38*	3 43	44	6	40	
აბასთუმანი . . . . .	$i\bar{p}$	43 51	3 44	06	15	117	
ბორჯომი . . . . .	$i\bar{p}$	43 53	3 44	10	17	137	
ბაკურიანი . . . . .	$i\bar{p}$	43 56,5	3 44	15,5	19	151	$i:43$ 57,5
პიატიგორსკი . . . . .	$p$	43 57	3 44	17	20	160	
გორი . . . . .	$\bar{p}$	43 59,5	3 44	21,5	22	177	
ახალქალაქი . . . . .	$i\bar{p}$	44 00	3 44	22	22	179	
ბოგდანოვკა . . . . .	$i\bar{p}$	44 04,5	3 44	28,5	24	195	
დუშეთი . . . . .	$\bar{p}$	44 06,5	3 44	33	26,5	212	
სოჭი . . . . .	$i$	44 05,5	$i$ 44	33,5	28	230	$i:44$ 36
თბილისი . . . . .	$i$	44 09	$i:44$ *	39	30	238	
ლენინკანი . . . . .	$i$	44 11	$s^*$ 44	43	32	251	
სტეფანავანი . . . . .	$i$	44 12	$i:44$ *	45	33	257	
გროზნი . . . . .	$i$	44 16	$s^*$ 44	53	37	295	
კიროვობადი . . . . .	$e$	44 33	$s^*$ 45	27	54	415	$e:44$ 39
მხაჩკალა . . . . .		44 40	$s^*$ 45	33	58	433	$e:44$ 46; $e:44$ 53
ნახიჩევანი . . . . .		44 41	$s^*$ 45	44	63	472	
გორისი . . . . .		44 43	$s^*$ 45	49	66	497	$i:44$ 53; $i:45$ 44
შემახა . . . . .						583	$e:45$ 08,5; $i:46$ 45,5
ფეოდასია . . . . .						610	$e:45$ 27; $e:46$ 40
ალუშთა . . . . .	$e$	45 00	46	07	67	666	
იალტა . . . . .		45 01	46	09	68	681	$e:45$ 54
ბაქო . . . . .						692	$e:45$ 39
სიმფეროპოლი . . . . .		45 08	46	20	72	700	$e:45$ 20; $e:46$ 35
ლენკორანი . . . . .						710	$e:46$ 59; $e:47$ 38,5

 1955 წ. 25. XII  $\varphi=42^{\circ},7N$ ;  $\lambda=42^{\circ},3E$   $O=20$  ს. 43 მინ. 15 სეკ.  $\pm 1$  სეკ.

სეისმური სადგური	p		s		s-p	$\Delta$ კმ.	შენიშვნა
	ს.	მინ. სეკ.	მინ.	სეკ.			
ზუგდიდი . . . . .	$i\bar{p}$ 20	43 24	3 43	30	6	40	
აბასთუმანი . . . . .	$i\bar{p}$	43 37	3 43	52	15	115	
ბორჯომი . . . . .	$i\bar{p}$	43 39	3 43	56	17	135	
ბაკურიანი . . . . .	$i\bar{p}$	43 42	3 44	01	19	151	
პიატიგორსკი . . . . .	$i\bar{p}$	43 44	3 44	04	20	160	
გორი . . . . .	$i\bar{p}$	43 46,5	3 44	08	21,5	177	
ახალქალაქი . . . . .	$i\bar{p}$	43 46,5	3 44	08,5	22	179	
ბოგდანოვკა . . . . .	$i\bar{p}$	43 50	3 44	14	24	195	
დუშეთი . . . . .	$\bar{p}$	43 54	$s^*$ 44	20,5	26,5	212	
სოჭი . . . . .	$i\bar{p}$	43 52	3 44	22,5	30,5	230	
თბილისი . . . . .	$i$	43 55,5	$i:44$ *	25,5	30	238	
ლენინკანი . . . . .	$i$	43 57	$s^*$ 44	29	32	251	
სტეფანავანი . . . . .	$i$	43 58	$i:44$ *	31	33	257	
გროზნი . . . . .	$e$	44 02,5	$s^*$ 44	39,5	37	295	$i:44$ 43; $i:44$ 59
კიროვობადი . . . . .		44 18	$s^*$ 45	12	54	415	
მხაჩკალა . . . . .						433	$e:44$ 36; $e:45$ 35
გორისი . . . . .		44 29	$i:45$ *	35	66	497	$e:45$ 31

თანხმობაშია მაკროსეისმურთან. მეთოდების (ვადატის, ტრესკოვის და სხვა) გამოყენება, რაც იძლევა კერის ჩაწოლის სიღრმეს, ამ მიწისძვრისათვის არარაციონალური აღმოჩნდა სეისმური სადგურების ეპიცენტრისადმი არახელსაყრელი განლაგების გამო. ამგვარად, კერის სიღრმის განსაზღვრა ინსტრუმენტალური მონაცემების საფუძველზე არ მოხერხდა. ჩვენს განკარგულებაში არსებული მაკროსეისმური მასალაც არ გვაძლევს კერის სიღრმის განსაზღვრის საშუალებას, მაგრამ, ჩვენი აზრით, მიწისძვრის ინტენსივობის შემცირების ეფექტი მანძილის მიხედვით ისეთი სახისაა, რომ მისი სიღრმე 10 კილომეტრს არ უნდა აღემატებოდეს.

25.XII-ის 18 საათის, 43 მინუტისა და 29 სეკუნდის, აგრეთვე 20 საათის, 43 მინუტისა და 15 სეკუნდის (1 ცხრილი) მიწისძვრების სიგრძივი და განივი ტალღების საკმაოდ კარგი ჩანაწერები, რომელთა ეპიცენტრები ერთსა და იმა-



ნახ. 2. ჰიდოგრაფები  $\bar{p}$ ,  $p$ ,  $\bar{z}$  და  $s^*$  ტალღებისათვის

ვე პუნქტშია მოთავსებული, გამოყენებულ იქნა შესაბამისი ტალღების ჰიდოგრაფების ასაგებად. მიწისძვრის წარმოქმნის დრო გამოთვლილ იქნა ვადატის მეთოდით [5].  $\Delta$ -სათვის აღებულია ფაქტობრივ განსაზღვრული მანძილები,

## ცხრილი 2

№№ რიგ.	წელი, თვე	მიწისძვრის წარმოქმნის დრო		გეოგრაფიული კოორდინ-ბი		ინტენსი- ვობა M	
				ფ	ღ		
1	25.XII—1955	18 ს.	43 მინ.	29 სეკ.	42°45'N	42°20'E	4.3
2		18	57	01	42 44	42 19	
3		19	07	00	42 44	42 17	
4		19	46	39	42 45	42 15	3.3
5		20	43	15	42 45	42 19	3.3
6		20	49	49	42 45	42 16	
7		20	51	36	42 45	42 16	
8		21	38	29	42 43	42 18	
9		22	44	16	42 44	42 16	
10		23	02	03	42 45	42 16	
11	26.XII—„	01	46	11	42 45	42 17	
12		13	24	40	42 45	42 16	
13		17	02	36	42 45	42 15	
14		19	53	51	42 45	42 17	
15		20	08	28	42 45	42 15	
16	27.XII—„	12	52	49	42 44	42 18	
17	27.XII—„	10	45	17	42 45	42 16	
18	30.XII—„	01	47	57	42 44	42 17	
19	31.XII—„	06	28	17	42 44	42 16	
20		06	30	42	42 46	42 15	
21	3.1—1956 წ.	62	28	05	42 46	42 20	
22	4.1 „	23	59	04	42 42	42 28	
23	8.1 „	07	22	43	42 40	42 20	
24	14.1 „	23	41	00	42 44	42 22	
25	18.1 „	05	03	51	42 43	42 18	
26		05	13	27	42 42	42 18	
27	3.11 „	08	02	36	42 44	42 15	
28	6.11 „	02	30	14	42 46	42 20	
29		11	26	04	42 45	42 20	
30	18.11 „	14	36	02	42 43	42 15	
31	22.11 „	02	11	15	42 40	42 18	3.3
32	23.11 „	06	56	50	42 43	42 18	
33		17	14	42	42 45	42 23	
34	1.111 „	14	04	15	42 45	42 22	3.3
35	2.111 „	12	29	07	42 40	42 06	
36	3.111 „	03	06	15	42 48	42 12	
37		05	18	38	42 46	42 24	
38	4.111 „	00	55	13	42 46	42 12	
39	5.111 „	02	53	48	42 48	42 08	
40	8.111 „	03	43	00	42 45	42 15	
41	18.111 „	04	54	04	42 44	42 21	
42	20.V „	14	07	55	42 42	42 21	
43	5.VI „	04	21	19	42 44	42 18	3.8
44		04	24	57	42 44	42 16	
45		04	26	16	42 47	42 20	3.8
46		06	36	22	42 49	42 02	
47	9.VI „	02	18	06	42 44	42 12	
48	16.VI „	19	01	53	42 45	42 19	
49	1.VII „	15	00	42	42 48	42 30	
50	11.VII „	17	11	46	42 48	42 18	
51	13.VII „	12	53	43	42 44	42 14	
52	24.VII „	07	14	25	42 48	42 17	
53	7.VIII „	01	14	22	42 49	42 16	
54	13.VIII „	20	26	40	42 43	42 18	
55	5.XII „	01	50	57	42 47	42 15	
56	27.XII „	18	37	37	42 48	42 26	3.3







ერ VI—VII-ბალიან მიწისძვრას ამ რაიონისათვის, თუ არ ჩავთვლით სამეგრელო-სვანეთის 1930 წლის 7.XI-ის მიწისძვრას, რომლის ეპიცენტრი მდინარე ენგურის ხეობაშია მოთავსებული.

ბოლოს აღვნიშნავთ, რომ ზემო სამეგრელოს დეკემბრის მიწისძვრის და მისი მომდევნო ბიძგების ეპიცენტრები ლაგდება სამეგრელოს რღვევის ხაზზე, რომელიც დადგენილია რუბინშტეინის მიერ [8].

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
გეოფიზიკის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 18.6.1957)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Д. Цюакая. Сейсмическая активность и работа сейсмических станций Кавказа за 1954—1955 гг. Известия АН СССР, серия геофизич., № 5, 1957.
2. А. Д. Цхакая и Д. И. Сихарулидзе. Сейсмичность района Сочи и Краснодарское землетрясение 21 и 27 декабря 1955 г. Сообщения АН ГССР, т. XVIII, № 3, 1957.
3. Ш. А. Джабуа, А. З. Кац, А. Н. Сафарян, А. Д. Цхакая и А. И. Чураян, Краснодарское землетрясение 21 и 27 декабря 1955 г. 1957.
4. Бюллетень сети Сейсмических станций СССР за IV кв., 1955.
5. Е. А. Розова. Землетрясения Средней Азии. Труды СИ № 123. Москва, 1947.
6. Г. К. Твалтвадзе. Строение земной коры в верхней Картли. Сообщения АН ГССР, т. XI, № 8, Тбилиси, 1950.
7. Е. А. Розова. Глубинное строение земной коры Кавказа. Труды СИ № 94, 1939.
8. Е. И. Бюс и М. М. Рубинштейн. Новые данные о рое землетрясений 1941 г. в Западной Грузии. Сообщ. АН ГССР, т. XIII, № 9, 1952.

## აბრეჯივით

ბ. შაშაძე

ვაზის ფესვბარეშზე გამოსაკვებად ზომიერითი ხსნარის  
ობტიმალური კონცენტრაციის დადგენისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა შ. ჭანიშვილმა 29.4.1957)

მცენარის ფესვბარეშზე კვება დიდი ხანია იპყრობს მეცნიერთა ყურადღებას. ჯერ კიდევ წარსული საუკუნის შუა წლებში დადგენილი იყო მცენარეთა მიერ საკვები ელემენტების ფოთლებით შეთვისების შესაძლებლობა. ა. ვილის ცდამი ნახშირმჟავა ამონიუმის სუსტი ხსნარით ვაზის ფესვბარეშზე გამოკვების შედეგად ყურძნის მარცვალი ორჯერ უფრო დიდი გაიზარდა, ხოლო ვაზის ფოთლებმა ბუჩქი მწვანე ფერი მიიღო [2, 5].

კ. ტ ი მ ი რ ი ა ზ ე ვ ი უდიდეს როლს ანიჭებდა ქლოროზით დაავადებული მცენარეების სხვადასხვა ხსნარით ფესვბარეშზე გამოკვებას. ი. მიჩურინიც არა ერთხელ იყენებდა ამ მეთოდს ხეხილზე [6, 12]. მაგრამ წინათ მკვლევართა უმეტესობა ფესვბარეშზე გამოკვების მეთოდს სწავლობდა უმთავრესად მცენარის სხვადასხვა დაავადებისაგან განკურვნის მიზნით. მხოლოდ ბოლო დროს, როდესაც დაისვა მცენარის განვითარების ფაზების მიხედვით დიფერენცირებული კვების საჭიროების საკითხი, ფესვბარეშზე გამოკვებამ უფრო ფართო გამოყენება მიიღო. ამჟამად იგი მცენარის განვითარების პროცესში სხვადასხვა საკვებით უზრუნველყოფის ერთ-ერთი ეფექტური ღონისძიებათაგანია.

მცენარის ფესვბარეშზე გამოკვებით ნაწილობრივ თავიდან აცილებულია სასუქის ნიადაგთან ურთიერთქმედების შუალედი პროცესი, რადგან ამ წესით ვანოყიერება უშუალოდ მცენარეს და არა ნიადაგს.

ამჟამად ფესვბარეშზე გამოკვება გამოიყენება შაქრის ქარხლის, კარტოფილის, ბამბის, ბოსტნეულისა და სხვა კულტურების მოსავლიანობის გასაძიებლად. მევენახეობაში ამ მიმართულებით შედარებით ცოტაა გაკეთებული, თუმცა ზოგან აქაც ფესვბარეშზე გამოკვება დანერგულია წარმოებაში [11].

გამოკვლევები ვაზის ფესვბარეშზე გამოკვებაზე ძირითადად შეიხება სხვადასხვა საკვები ხსნარის ოპტიმალური კონცენტრაციის დადგენას და სხვადასხვა დაავადების (ქლოროზი) წინააღმდეგ ბრძოლას [4, 8], ვაზში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებს [7], კერძოდ ფოტოსინთეზზე ფესვბარეშზე გამოკვების გავლენის შესწავლას [9].

ვაზზე შესასხურებელ საკვებ ნივთიერებათა ხსნარების ოპტიმალური კონცენტრაცია მერყეობს ამინდის პირობების, სასუქის ფორმის, ვაზის ჯიშისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით.

ვ. პორტიანკო [10] ვაზის ფესვბარეშზე გამოკვებისათვის იყენებდა სუპერფოსფატის 5-და 2%-იანი კონცენტრაციის ხსნარებს, რომელთაც შაბიამნის სითხეს ურევდა შეფარდებით 1:1. ქლორკალიუმის ხსნარს იყენებდა 0,3—0,4% კონცენტრაციით, ბორის მჟავას კი 0,1% კონცენტრაციით.

ი. ფილიპენკო [13] სასუქის განსაზღვრულ რაოდენობას უმატებდა მზა შაბიამნის ხსნარს. გამოკვებისათვის იყენებდა აზოტმჟავა ამონიუმის, სუპერფოსფატისა და კალიუმის მარილთა ნარეგს შეფარდებით 1,6:1,8:1,4. ამ ნა-



რევის 2%-იან ხსნარს ასხურებდა ვაზებს. მიკროელემენტების შემცველ თიერებებიდან იყენებდა მანგანუმქაჯა კალიუმის 0,06%-იან და ბორის მქაჯას 0,02%-იან ხსნარებს.

ე. ასრიევი [1], რომელიც კრასნოდარის მევენახეობა-მეხილეობის საცდელ სადგურზე ჯიშ ალიგოტზე ატარებდა ცდას, ვაზის ფესვგარეშე გამოსაკვებად შაბიამნის ხსნარის შესხურებისას იყენებდა: სუპერფოსფატის 3%-იან, ქლორკალიუმის 0,5%-იან, ნატრიუმის გვარჯილის 0,1%-იან, ბორის მქაჯას 0,05%-იან და მანგანუმის სულფატის 0,02%-იან ხსნარებს.

მ. ცეიტლინმა [14] უზბეკეთის პირობებში დაადგინა, რომ ვაზზე შესასხურებლად კარგ შედეგს იძლევა: ამონიუმის გვარჯილის 0,05—0,1%-იანი, (0,016 — 0,032% N), სუპერფოსფატის 3,3 — 10%-იანი (0,68—2,05% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), ქლორკალიუმის 0,25—0,5%-იანი (0,125—0,25%) ხსნარები.

კრასნოდარის მხარეში მოლოტოვის სახელობის მეურნეობაში (ანაპის რაიონი) ვაზის ფესვგარეშე გამოკვებას შაბიამნის ხსნართან ერთად 1025 ჰა ფართობზე აწარმოებენ [11], რისთვისაც შაბიამნის ხსნარს უმატებენ: სუპერფოსფატის 0,2 ამონიუმის გვარჯილის 0,1 და ქლორკალიუმის 0,4%-იან ხსნარებს; მიკროელემენტებს ასხურებენ 0,1% ბორისა და 0,01% მანგანუმის შემცველობის ხსნარებით.

ლ. მილოვანოვა და მ. ჟურაველი [7], რომლებიც ცდას შუა აზიაში ატარებდნენ, ვაზზე შესასხურებლად იყენებდნენ წყალში გახსნილ სასუქებს შემდეგი კონცენტრაციებით: სუპერფოსფატის 5, ქლორკალიუმის 1 და ამონიუმის გვარჯილის 1,5%-იან ხსნარებს.

ზ. ბაღდასარაშვილი [4] და ი. ნაკაიძემ [8], რომლებიც ქლორით დაავადებულ ვაზებზე მიკროელემენტების შესხურების გავლენას სწავლობდნენ, მნიშვნელოვან შედეგს მიაღწიეს როგორც დაავადებული ვაზების გამოსწორების, ასევე ყურძნის მოსავლის გადიდების მხრივ.

მოლდავეთში ლ. ბიბლინას [3] მიერ გამოცდილი ხსნართა კონცენტრაციები უახლოვდება ჩვენ მიერ გამოყენებულ კონცენტრაციებს.

ვაზის ფესვგარეშე გამოკვების შესწავლისას ჩვენ ავიღეთ მაკროელემენტები — აზოტი, ფოსფორი და კალიუმი, მიკროელემენტებიდან კი — ბორი და მანგანუმი. სასუქების ფორმები: შარდოვანა, 20%-იანი ფხვნილისებრი სუპერფოსფატი, 60%-იანი ქლორკალიუმი, ბორის მქაჯა, ნახშირმქაჯა მანგანუმი (45% Mn) და თხევადი აზოტმანგანუმიანი კომბინირებული სასუქი, რომელიც შეიცავდა 8,6% აზოტს და 3,23% მანგანუმს.

ცდა დავაყენეთ 1955 წელს სოფ. ქვემო საქარაში (ზესტაფონის რაიონი), სტალინის სახელობის კოლმეურნეობის ნაკვეთზე: ვაზის ჯიში — ცოლიკოური, დამყნობი რიპარია X რუპესტრის 3309-ზე. კვების არე 3 მ<sup>2</sup>, ვაზი გაშენებულია 1937 წ. საცდელი ნაკვეთის ნიადაგი — ნეშომპალა-კარბონატული თიხიანი, ფენვითარებული კირნარ-ქვიშაქვიშზე.

ფესვგარეშე გამოკვების ეფექტიანობა ისწავლებოდა სრული სასუქის ფონზე ორ ცდაში. პირველი ცდით ისწავლებოდა შაბიამნის ხსნართან ერთად შესასხურებელი მიკროელემენტების ხსნარის ოპტიმალური კონცენტრაცია, მორეთი — მაკროელემენტების ხსნარების კონცენტრაცია.

პირველი ცდის სქემა ასეთი იყო:

1. ფესვგარეშე კვების ჩაუტარებლად (მარტო შაბიამნის ხსნარის შესხურება).
2. შაბიამნის ხსნართან ერთად 3-ჯერ 0,1%-იანი კონცენტრაციის (სუფთა ბორის მიხედვით) ბორის მქაჯას შესხურება;
3. იგივე, ოღონდ კონცენტრაცია 0,3%.
4. იგივე, ოღონდ კონცენტრაცია 0,5%.



5. შაბიამნის ხსნართან ერთად 0,05% -იანი (სუფთა მანგანუმის მიხედვით) კონცენტრაციის კომბინირებული აზოტ-მანგანუმიანი ხსნარის შესხურება 3-ჯერ<sup>1</sup>.

6. იგივე, ოღონდ კონცენტრაცია 0,1%<sup>1</sup>.

7. შაბიამნის ხსნართან ერთად 0,05% -იანი (სუფთა მანგანუმის მიხედვით) კონცენტრაციის ნაშირმყავა მანგანუმის შესხურება 3-ჯერ.

8. იგივე, ოღონდ კონცენტრაცია 0,1%.

მეორე კვლის სქემა შემდეგ ვარიანტებს შეიცავდა:

1. ფესვგარეშე კვების ჩაუტარებლად (მარტო შაბიამნის ხსნარის შესხურება).

2. შაბიამნის ხსნართან ერთად 0,13% სუფთა აზოტის შემცველ შარდოვანას ხსნარით სამჯერ შესხურება.

3. იგივე, ოღონდ კონცენტრაცია 0,26%.

4. შაბიამნის ხსნართან ერთად 0,3% სუფთა ფოსფორმყავას ( $P_2O_5$ ) სუპერ-ფოსფატის ხსნარით სამჯერ შესხურება.

5. იგივე, ოღონდ კონცენტრაცია 0,6%.

6. ქლორკალიუმის 0,3% -იანი კონცენტრაციის ხსნარის (სუფთა კალიუმის მიხედვით) სამჯერ შესხურება.

7. იგივე, ოღონდ კონცენტრაცია 0,6%.

თითოეული ვარიანტისათვის შერჩეულ იქნა თანაბარი განვითარების ათი ძირი ვაზი, სამ განმეორებად.

შაბიამნისა და საკვები ელემენტების შემცველი ხსნარების რაოდენობა ჰაზე უდრდა: პირველი შეწამლის დროს — 800 ლიტრს, მეორე შეწამლისას — 900, ხოლო მესამედ — 1000 ლიტრს. შესხურება წარმოებდა ზურგზე საკიდი აპარატის „ტრემასის“ საშუალებით. საკვები ხსნარის რეაქცია მოწმდებოდა ფენოფტალეინის ქაღალდით და საჭიროებისამებრ გასანიტრალეზად ემატებოდა კირის რძე.

შესასხურებელი ხსნარები უშუალოდ შესხურების წინ მზადდებოდა. ყოველი კონცენტრაციის შესაბამისად წინასწარ დაზნადებულ შაბიამნის ხსნარს ემატებოდა განსაზღვრული ოდენობის საკვები ნივთიერება.

ვაზის ფესვგარეშე გამოკვება შაბიამნის ხსნარის შესხურებასთან ერთად ჩატარდა: ყვავილობამდე — 23. V, ისერილობის პერიოდში — 7, VI და 25. VI. საცდელ ნაკვეთზე მევენახეობის აგროწესებით გათვალისწინებული ყველა აგროტექნიკური ღონისძიება თავის დროზე და ხარისხოვნად ჩატარდა. შესხურების შემდეგ გამოწმდებით ფოთლების დაზიანების ხარისხს, ვაკვირდებოდით ჭრაქს. თითოეულ ვაზზე ჩავატარეთ მოსავლიანობის ელემენტების (დატოვებული კვირტების რაოდენობა, მსხმოიარე და უნაყოფო ყლორტების რაოდენობა, მტვირეების რაოდენობა და სხვა) აღრიცხვა. აიწონა მოსავალი ყოველი საცდელი ვაზიდან. განისაზღვრა ყურძნის ტკბილის მყავიანობა და შაქრიანობა.

გამოირკვა, რომ კომბინირებული აზოტ-მანგანუმიანი სასუქის ორივე კონცენტრაცია (0,05% და 0,1%), კირის რძით განეიტრალეების მიუხედავად, ფოთლებს აზიანებს. ერთ ვაზზე დათვლილი 108 ფოთლიდან 30 დაზიანდა (28%). დაზიანება იმით გამოიხატებოდა, რომ ფოთლის ფირფიტაზე შესხურებიდან მეორე დღეს გაჩნდა მრგვალი მოყავისფრო ლაქა, რომლებიც შემდგომ გახეშეშდა. ასეთი ლაქები შემჩნეული იყო როგორც ფირფიტის შუა ნაწილში, ასევე კიდეებზე, გარდა ამისა, ვაზის ზრდის წერტილები გაშავდა და

<sup>1</sup> ამ კონცენტრაციების ხსნარების შესხურება ჩატარდა მარტო ერთხელ, შემდეგი შესხურებისათვის გამოყენებულ იქნა უფრო მცირე კონცენტრაცია — 0,02% -იანი ხსნარი (იხ. ქვემოთ).

ფოთლები ძირს დაიხარა. 5 დღის შემდეგ მდგომარეობა ნაწილობრივ გამოსწორდა: ფოთლის მცირე ნაწილმა მწვანე ფერი მიიღო. მეორედ შეწამლისას, გავითვალისწინეთ რა ეს მდგომარეობა, კომბინირებული აზოტ-მანგანუმიანი სასუქის შესასხურებელი ხსნარის კონცენტრაცია შევამცირეთ 0,02%-მდე (მანგანუმის მიხედვით). ყოველ ლიტრ შაბიამნის ხსნარზე ვიღებდით 6 მლ კომბინირებულ სასუქს. აღნიშნულ კონცენტრაციას არ დასჭირვებია კირით განეიტრალება. ასეთი ხსნარი, ფოთლებზე წვრილი წვეთების სახით თანაბრად განაწილების შემთხვევაში, დაზიანებას არ იწვევს. შაბიამნის ხსნარში ბორის მქავეს მიმატება 0,3 — 0,5% კონცენტრაციით მოითხოვდა კირის რძით დამატებით განეიტრალებას, ხოლო ბორის მქავეს 0,1% კონცენტრაცია ხსნარის რეაქციას არ ცვლიდა.

ვაზზე მაკროელემენტების შესხურებისას გამოირკვა, რომ არც ერთი კონცენტრაცია არ აზიანებს ფოთლებს გარდა ქლორკალიუმის 0,6%-იანი ( $K_2O$ -ის მიხედვით) ხსნარისა. აღნიშნული კონცენტრაციით შესხურებისას ფოთლის კიდეები გახეშეშდა.

როგორც ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდიდან ჩანს, ვაზის (ჯიში ცოლიკოური) ფესვგარეშე გამოკვებისათვის შაბიამნის ხსნარში მცენარისათვის უვნებელია (სუფთა საკვებ ნივთიერებაზე ანგარიშით): ბორის მქავეს 0,1, 0,3 და 0,5% კონცენტრაციის ხსნარები (უკანასკნელი ორი კონცენტრაციის კირის რძის დამატებით განეიტრალებისას), თხიერი კომბინირებული აზოტ-მანგანუმიანი სასუქის 0,02 და ნახშირმქავე მანგანუმის 0,05 და 0,1% კონცენტრაციის ხსნარები.

ცხრილი 1

მაკროელემენტების შესასხურებელი ხსნარის კონცენტრაციის გამოცდა

№	რეცეპტი	მტენის საშუალო წონა გ-ით	მტენის საშუალო წონის ნაშთი (%)	მოსავალი ერთი ძირი ვაზიდან (კგ)	შაქარიანობა %	მეფინანობა %
1	საკონტროლო (შაბიამნის ხსნარის შესხურება)	152,0	—	4,7	20,9	7,9
2	0,1% ბორის შემცველი ხსნარით შესხება	170,5	12,2	5,1	22,8	7,9
3	იგივე 0,3% " " "	160,9	5,8	4,9	22,2	7,5
4	იგივე 0,5% " " "	158,6	4,3	4,6	22,5	7,5
5	0,02% მანგანუმის შემცველი კომბინირებული აზოტ-მანგანუმიანი სასუქის ხსნარის შესხურება	170,2	11,9	5,0	21,6	8,0
6	0,05% მანგანუმის შემცველი ნახშირმქავე მანგანუმის ხსნარის შესხურება	175,3	15,3	5,1	23,0	7,6
7	0,1% მანგანუმის შემცველი ნახშირმქავე მანგანუმის ხსნარით შესხურება	160,2	5,1	4,8	22,6	8,0

შარდოვანას სუპერფოსფატისა და ქლორკალიუმის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარის მოქმედება ვაზზე

№ რიგზე	ცდის სქემა	მტევნის საშ. წონა (გ ით)	მტევნის საშ. წონის ნაბატი %	მოსავალი ერთი ძირი ვაზიდან (კგ)	შაქრიანობა %	მეფიანობა %
1	საკონტროლო (შაბიამნის ხსნარის შესხ.)	149,5	—	4,6	21,1	7,8
2	0,13% აზოტის შემცველი შარდოვანას ხსნარის შესხურება . . . . .	156,4	4,6	4,6	21,2	7,3
3	იგივე 0,26% . . . . .	159,3	6,5	6,9	21,3	7,5
4	0,3% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -ის შემცველი სუპერფოსფატის ხსნარის შესხურება . . . . .	160,2	7,1	5,0	22,9	7,6
5	0,6% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -ის შემცველი სუპერფოსფატის ხსნარის შესხურება . . . . .	159,1	6,3	4,9	22,9	7,6
6	0,3% K <sub>2</sub> O-ის შემცველი ქლორკალიუმის ხსნარის შესხურება . . . . .	157,0	6,0	4,8	21,9	8,0
7	იგივე 0,6% K <sub>2</sub> O (ქლორკალიუმი) . . . . .	145,6	-2,7	4,3	20,9	8,0

მაკროელემენტებისათვის ხსნარების ოპტიმალური კონცენტრაციებია (აგრეთვე მოქმედი ნივთიერების მიხედვით): სუპერფოსფატისათვის 0,3—0,6, ქლორკალიუმისათვის 0,3 და შარდოვანასი 0,13—0,26 %-იანი კონცენტრაციის ხსნარები.

როგორც მოყვანილი ცხრილებიდან ჩანს, ფესვგარეშე გამოკვებულ ყვილა ვარიანტზე, გარდა K<sub>2</sub>O 0,6 %-იანი კონცენტრაციის ხსნარისა, რომელზეც, საკონტროლოსთან შედარებით, მოსავალი საშუალოდ ერთ ძირ ვაზზე 0,3 კგ-ით, ხოლო შაქრიანობა 0,2 %-ით შემცირდა, შემჩნეულია ვაზის მოსავლის ზრდა. ეს ზრდა გამოწვეულია მტევნის საშუალო წონის მატებით. გარდა ამისა, გაუმჯობესდა ყურძნის ხარისხიც (შაქრიანობა).

საკონტროლოსთან შედარებით, მტევნის საშუალო წონა მიკროელემენტების (B და Mn) შესხურებით 4,3—15,3 %-ით, ხოლო მაკროელემენტების შესხურებით 4,6—7,1 %-ით მატულობს.

საკონტროლოსთან და სხვა ვარიანტებთან შედარებით (ცხრილი 1) ყურძნის მოსავლისა და ტკბილის შაქრიანობის ინტენსიური მატება შემჩნეულია ბორის 0,1 %-იანი, ნახშირმჟავა მანგანუმის 0,05 %-იანი და კომბინირებული აზოტ-მანგანუმიანი სასუქის 0,02 % კონცენტრაციის ხსნარების შესხურების შემთხვევაში. აღნიშნული ხსნარების შესხურება, საკონტროლოსთან შედარებით, საშუალოდ ერთ ძირ ვაზზე მოსავალს 0,3 — 0,4 კგ-ით, ხოლო ტკბილის შაქრიანობას 0,7 — 2 %-ით ზრდის.

მაკროელემენტებით (N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) ვაზის ფესვგარეშე გამოკვებად (ცხრილი 2) მოსავალი საშუალოდ ერთ ძირ ვაზზე 0,2 — 0,4 კგ-ით, ხოლო

ტკბილის შაქრიანობა 0,8 — 1,8%-ით გააღიდა გაუნყოფებელთან შედარებით.

რადგან საკონტროლო და საცდელი ვაზების ტკბილის მჟავიანობა დაახლოებით ერთნაირია, უნდა ვიფიქროთ, რომ საცდელი ვაზებზე ტკბილის შაქრიანობის მატება გამოწვეულია არა მცენარის სიმწიფის დაჩქარებით, არამედ ფესვგარეშე გამოკვების უშუალო დადებითი მოქმედებით მტევანში შაქრის დაგროვებაზე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ნიადამცოდნეობის, აგროქიმიისა და  
 მელიორაციის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 30.4.1957)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Э. А. Асриев. Внекорневая подкормка винограда. ж.-л «Виноградарство и виноделие СССР», № 3, 1954.
2. Ж. Б. Буссенго. Избранные произведения по физиологии растений и агрохимии. Сельхозгиз, 1936.
3. Л. И. Библина. Некорневая подкормка винограда. ж.-л «Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии», № 1, 1956.
4. ხ. ბაღდასარაშვილი. მიკროელემენტების მნიშვნელობა და გამოყენება მევენახეობაში. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის გამოცემა, 1956.
5. Ф. Ф. Мацков. Химизация соц. земледелия, № 5, стр. 38—47, 1938.
6. И. В. Мичурин. Сочинение, т. 4, 1948, стр. 33.
7. Л. В. Милованова, М. С. Журавель. Биохимические изменения винограда при внекорневой подкормке. Виноградарство и виноделие СССР, № 4, 1955.
8. ი. ნაკაიძე. მცენარის ფესვგარეშე გამოკვება. საქართველოს კოლფურთხე. № 4, 1956.
9. Е. С. Плакида. Влияние некорневой подкормки на фотосинтез виноградной лозы. Бюллетень научно-технической информации, № 2, Одесса, 1955.
10. В. Ф. Портнянко. Опыт внекорневой подкормки винограда. Сад и огород, № 8, 1954.
11. К. А. Серпуховитина, А. Колесниченко. Внекорневая подкормка винограда в совхозе им. Молотова. Виноградарство и виноделие СССР, № 8, 1955.
12. К. А. Тимирязев. Жизнь растений. 1949, стр. 98.
13. И. М. Фидлиненко. Внекорневое питание винограда. Виноградарство и виноделие СССР, № 2, 1952.
14. М. Г. Цейтлин. Внекорневая подкормка винограда в Узбекской ССР. ж.-л Виноградарство и виноделие СССР, № 8, 1955.

## ბიოქიმია

## 3. ასათიანი

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრი-კორესპონდენტი)

 ადამიანისა და მაიმუნის სისხლის ზოგიერთი ცილისა და  
 ბიოკატალიზატორის შესახებ <sup>(1)</sup>

ცხოველთა შედარებით ბიოქიმიის ჩვენ მიერ შედგენილი კარტოთეკის ანალიზმა დაგვარწმუნა იმაში, რომ სადღეისოდ მაიმუნის ორგანიზმი ქიმიური სტრუქტურისა და დინამიკის მხრივ ნაკლებადაა შესწავლილი, მიუხედავად იმისა, რომ ამ ცხოველის ბიოლოგიური სიახლოვე ადამიანთან ამგვარი შესწავლისათვის საკმარის საფუძველს იძლევა. სხვა ლაბორატორიული ცხოველები (ძაღვი, ბაქია, ვირთაგვა და სხ.) ამ მხრივ გაცილებით უფრო დაწვრილებითაა გამოკვლეული, რაც ნაწილობრივ მაინც იმით უნდა ავსხნათ, რომ მაიმუნი შედარებით უფრო ძნელად მისაწვდომ კვლევის ობიექტს წარმოადგენს, თუმცა შეგვიძლია მოვიყვანოთ ისეთი მაგალითი, სადაც ამ გარემოებას გადამწყვეტი როლი არ უთამაშვნიან. მ. კ ე ნ ა რ დ ი ს ა და მ. უ ი ლ კ ე რ ი ს [7] ცდებში გამოყენებულ იქნა 400-ზე მეტი მაიმუნი მათი ორგანიზმის წონის დადგენის მიზნით და ამ თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანი მონაცემები მიიღეს, მაგრამ, სამწუხაროდ, ამ მუშაობაში ბიოქიმიკლები არ მონაწილეობენ და შედარებით ბიოქიმიისათვის ეს არაჩვეულებრივად მდიდარი მასალა დაკარგულად უნდა ჩაითვალოს.

ლიტერატურაში არსებული მცირერიცხოვანი და ფრაგმენტული ხასიათის ცნობების მნიშვნელობას შედარებით-ბიოქიმიისათვის ისიც ამცირებს, რომ მხოლოდ იშვიათ შემთხვევებში მონაცემები მაიმუნის ბიოქიმიის შესახებ მიღებულ იქნა ერთდროულად მაიმუნსა და ადამიანზე, კვლევის ერთისა და იმავე მეთოდების გამოყენებით.

წინამდებარე შრომაში წარმოდგენილი გვაქვს ჩვენი ლაბორატორიის მიერ შეგროვილი მონაცემები მაიმუნის სისხლის ზოგიერთი ცილისა და ბიოკატალიზატორის შესახებ, რაც შედარებული გვაქვს ჯანმრთელი ადამიანის სისხლის ანალიზის შედეგებთან.

გამოკვლევა წარმოებულ იქნა მაკაკა-რეზუსის სახეობის უმდაბლეს მაიმუნებზე (2 მამალი და დედალი მაიმუნი სხეულის წონით 2,7-დან 4,1 კგ-მდე, ასაკი: 2½—3½ წლამდე). სისხლს ვუღებდით 16 საათის განმავლობაში ნაშიშშილევ ცხოველს ყურის ვენიდან. ანალიზს ვწარმოებდით ერთ-ერთი ჩვენგანის [1] წიგნში აწერილი მეთოდების გამოყენებით.

შედარებისათვის იმავე მეთოდით ერთდროულად წარმოებდა 19-25 წლის ასაკის 10 ჯანმრთელი მამაკაცისა და ქალის ვენური სისხლის ანალიზი.

როგორც ადამიანების, ისე მაიმუნების სისხლში ჩვენ მიერ ისაზღვრებოდა: სისხლის შრატის ცილოვანი ფრაქციების პროცენტული თანაფარდობა ქაღალდის ელექტროფორეზის მეთოდით, გლუკოპროტეიდების შემცველობა სისხლის პლაზმაში, კარბოანჰიდრაზას აქტივობა მთლიან სისხლში, ამილაზის, ალდოლაზისა და ტუტე ფოსფატაზის აქტივობა სისხლის შრატში, ადრენალინის სხვადასხვა ფორმის რაოდენობა მთლიან სისხლში.

(1) შრომა შესრულებულია ა. აგეევას, ო. კვეკელიძისა და თ. ფიჩხაიას მონაწილეობით.





მიღებული მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილების სახით. 1 ცხრილში მოყვანილი მონაცემები წარმოდგენას იძლევა ცილოვანი ფრაქციების თანაფარდობის შესახებ ადამიანისა და მაიმუნის სისხლის შრატში. შედარებისათვის იქვე მოგვყავს შ. დ ე უ ტ შ ი ს ა და მ. ჰ უ დ ლ ო ე ს [4] მონაცემები, მიღებული ტიზელიუსის ელექტროფორეზის კლასიკური მეთოდით.

ცხრილი 1

ცილოვანი ფრაქციების შემცველობა ადამიანისა და მაიმუნის სისხლის შრატში

გამოკვლევის ობიექტი	გამოკვლევათა რიცხვი	განსახლების მეთოდი	ცილის შემცველობა						გამოუსაზღვრელი ფრაქციები	
			გ ლ ო ბ უ ლ ი ნ ი							
			ალბუმინი	ალფა	ალფა-2	ალფა-3	ბეტა	ფ		გამა
ადამიანი	10	ქალაღდის ელექტროფორეზი	64,3	5,4	6,6	—	9,7	—	13,8	—
"	3	დეუტშით და ჰუდლოეთით (ტიზელიუსის მეთოდი)	59,6	6,7	8,8	—	11,0	4,8	9,1	
მაიმუნი (მაკაკარეზუსი)	4	ქალაღდის ელექტროფორეზი	61,2	3,8	3,4	—	11,9	—	19,6	
	3	დეუტშით (ტიზელიუსის მეთოდი)	50,0	5,9	5,2	4,7	16,1	8,4	9,0	0,5

ამ მონაცემების განხილვისას უნდა ვიქონიოთ მხედველობაში, რომ, საცხებით გასაგები მიზეზების გამო, ქალაღდის ელექტროფორეზისა და ტიზელიუსის მეთოდით მიღებულ მონაცემებს შორის სრული თანდამთხვევა არ არის მოსალოდნელი. თუმცა ამ ორი სხვადასხვა მეთოდით მიღებულ შედეგებს შორის სრული შესატყვისობა არ არსებობს, მაინც მათი ურთიერთდამპირისპირება უდავოდ დასაშვებია და, როგორც ეს მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, ქალაღდის ელექტროფორეზისა და ტიზელიუსის ელექტროფორეზის მეთოდებით მიღებული მონაცემები შედარებისათვის ვარგისი იდენობებს წარმოადგენს. უნდა აღინიშნოს, რომ ქალაღდის ელექტროფორეზი, ტიზელიუსის მეთოდთან შედარებით ალბუმინის შემცველობისათვის უფრო მაღალს, ხოლო გლობულინებისათვის შედარებით დაბალ რიცხვებს იძლევა. ეს უფრო მკვეთრადაა გამოხატული მაიმუნის სისხლის შრატის ანალიზის შედეგების შედარებისას.

ჩვენ პირველ რიგში სხვა საკითხი გვაინტერესებს: ხომ არ გააჩნია მაიმუნის სისხლის ცილოვანი ფრაქციების რაოდენობრივი თანაფარდობის მიღებულ სურათს რაიმე ისეთი თავისებურებანი, რაც, კერძოდ, ამ სახეობისათვის იქნება დამახასიათებელი? ჩვენი მონაცემები ასეთი დასკვნის გამოყვანისათვის ვარგეულ საფუძველს იძლევა. საკმარისია მივუთითოთ იმაზე, რომ მაიმუნის სისხლის შრატში ალფა და ალფა-2 გლობულინის პროცენტული რაოდენობა გაცი-

(1 f-ფრაქცია მიდის ალბუმინზე წინ, მისი წარმოქმნა უცნობია.

ლებით უფრო დაბალია, ხოლო გამა-გლობულინის რაოდენობა ერთგვარად უფრო მაღალია ადამიანის სისხლის შრატთან შედარებით.

როგორც ცნობილია, გამა-გლობულინი ძირითადად სხვადასხვა ანტისხეულის მატარებელია, მისი რაოდენობა მკვეთრად მატულობს ცხოველის იმუნიზაციის დროს და ფართოდ გამოიყენება როგორც პროფილაქტიკური და სამკურნალო საშუალება მრავალგვარ ინფექციურ დაავადებათა არწინააღმდეგოდ (მაგალითად, ექსპერიმენტულად დადასტურდა, რომ ადამიანის სისხლის შრატის გამა-გლობულინი იცავს მაიმუნს პოლიომიელიტით დაავადებისაგან).

მ. დეუტშისა და მ. ჰუდლოეს [4] მონაცემების მიხედვით, ადამიანისა და მაიმუნის (მაკაკა-რეზუსი) სისხლის პლაზმაში გამა-გლობულინის პროცენტული შემცველობა თანატოლია. დასახელებული ავტორები თვისობრივ განსხვავებას ადამიანისა და მაიმუნის სისხლის პლაზმას შორის ხედავენ პირველ ელექტროფორეზული (f) ფრაქციისა და ალფა-გლობულინის ფრაქციის არსებობაში. (მათგან პირველის ბუნება გამოურკვეველია, ხოლო უკანასკნელს კატისა და ზღვის გოჭის სისხლიც შეიცავს). რაოდენობრივი განსხვავება, ამ ავტორების აზრით, ნაკლები ხარისხითაა გამოხატული.

ხემათქმულის საფუძველზე შესაძლებელია გამოვიყვანოთ დასკვნა, რომ უმდაბლესი მაიმუნების სისხლის ელექტროფორეზული სურათი საშუალებას იძლევა დადასტურებულ იქნეს ამ ცხოველების გარკვეული სახეობრივი განსხვავება ადამიანისაგან.

მე-2 ცხრილში მოყვანილია მონაცემები სისხლში გლუკოპროტეიდების შემცველობის შესახებ.

ცხრილი 2

გლუკოპროტეიდების შემცველობა მგ %<sup>0</sup>-ით ჯანმრთელი ადამიანისა და მაიმუნის სისხლის შრატში

გამოკვლევის ობიექტი	გამოკვლევათა რიცხვი	მერყეობის საზღვრები, მგ % <sup>0</sup> / <sub>0</sub>			
		ცილასთან შეკავშირებული ჰექსოზამინი	ცილასთან შეკავშირებული ჰექსოზამინი	ნეირამინის მჟავა	სერუმმუკოიდი (მუკოპროტეინის მჟავა) ჰექსოზის სახით
ადამიანი	10	104—143	78—106	56—71	9—15
მაიმუნი (მაკაკა-რეზუსი)	4	92—109	65—91	73—88	16—25

მაიმუნებზე მიღებული მონაცემების რიცხვი სავსებით საკმარისად ვერ ჩაითვლება, ამიტომ ამ მონაცემებს მხოლოდ საორიენტაციო მნიშვნელობა აქვთ. ამასთან ერთად, მიღებული მასალა თვალნათლივ მიგვიითბებს იმაზე, რომ მაიმუნების სისხლის შრატში გლუკოპროტეიდების საფუძვლიანი შესწავლა შეუძლებელია (ბიოქიმიური თვალსაზრისით) დიდად საინტერესოა (რაც ითქმის არამარტო უმდაბლესი მაიმუნების, არამედ ადამიანის მსგავს მაიმუნების მიმართ). იმ შემთხვევაში, თუ დადასტურდება გლუკოპროტეიდების ბიოქიმიის მხრივ სახეობრივი განსხვავების არსებობა, მას უდავოდ დიდი მნიშვნელობა ექნება ადამიანის პათოლოგიისათვის, ამჯერად კიდევ არასაკმარისად შესწავლილ ნივთიერებათა რჯლის გამორკვევისათვის (კერძოდ, მხედველობაში გვაქვს ტუბერკულოზისა და კიბოს პათოქიმია).

მონაცემები სპეციფიკური ცილა-ფერმენტების შესახებ სათანადო ლიტერატურაში საკმაოდ მცირერიცხოვანია. ა. კონიკოვას და ა. ვალოვას [3]



მიერ აღნიშნულია, რომ პავიანი-გამადრილის სისხლში კატალიზური აქტივობა 6,75 პირობით ერთეულს შეადგენს (ა. ბანისა და ზუბკოვას მეთოდი), პროტეოლიზური აქტივობა. შესწავლილი სამ პავიანზე, გამოიხატებოდა ნარჩენი აზოტის 20, 23 და 29 მგ % რაოდენობით. რაც სავარძნობლად აღემატება იმ რიცხვებს, რაც ჩვეულებრივ მიიღება ადამიანის ნორმალური სისხლის გამოკვლევისას.

ამავე ავტორების მონაცემების მიხედვით, სამი უმდაბლესი მაიმუნის სისხლში ამილაზური აქტივობა (ვ. ენგელგარტის მეთოდის მიხედვით), გამოხატული შაქრის მგ %, 12,0, 33,6 და 41,1 მგ<sup>1</sup>/10 უდრიდა. ერთდროულად ადამიანის სისხლს არ ყოფილა გამოკვლეული.

ბოლოს შ. გიბიანი [5] მიმოხილვით ნაშრომში ნათქვამია, რომ მაიურენის (სახეობა არ არის ნახსენები) ნათხეში კარბონჰიდრაზას დიდი რაოდენობით შეიცავს. კოხაკიანი [6] მიხედვით, უმდაბლესი მაიმუნის სისხლი ადამიანის სისხლისაგან განსხვავებით არ შეიცავს არგინაზას. უმდაბლესი მაიმუნები ადამიანისა და ადამიანის მსგავსი მაიმუნებისაგან იმითაც განსხვავდებიან, რომ მათ სისხლში ფერმენტი ურიკაზი არსებობს. სხვა მონაცემები მაიმუნის სისხლის ფერმენტების შესახებ ლიტერატურაში არ შეგვხვდრია.

მოგვყავს ჩვენს ლაბორატორიაში მიღებული მონაცემები.

## ცხრილი 3

გამოკვლევის ობიექტი	გამოკვლევათა რიცხვი	ფერმენტები (პირობითი ერთეულებით)			
		ამილაზა კინგით	ალდოლაზა ბრუნსით	ტუტე ფოს- ფატაზა ბო- დანსკით	კარბონჰიდ- რაზა კრეპსით და ბრიქმან- ნით
ადამიანი	10	85—195	3,3—8,8	1,6—4,8	2,3—2,8
მაიმუნი (მაკაკა-ოყუხისი)	4	65—220	2,0—14,5	2,5—16,5	2,4—2,9

ამ მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ირკვევა, რომ მაიმუნების სისხლში ამილაზური აქტივობა ფართო დიაპაზონით მერყეობს. ამილაზური აქტივობის ტიტრის ცვალებადობა აღინიშნებოდა ჩვენ მიერ არა მარტო სხვადასხვა ცხოველის სისხლის გამოკვლევისას, არამედ 15 დღის განმავლობაში წარმოებულ დაკვირვების მსვლელობაში გამოირკვა, რომ ერთისა და იმავე ცხოველის სისხლში ამილაზას რაოდენობა 80—170 პირობითი ერთეულის ფარგლებში მერყეობდა.

ამ გარემოების შეფასებისათვის მოვიყვანოთ ს. ბალახოვსკის [2] მითითება იმის შესახებ, რომ ჯანმრთელი ადამიანის სისხლში ამილაზის ტიტრი მხოლოდ ბციროლოდნად მერყეობს. ამიტომ შესაძლებელია ჩვენი მასალის საფუძველზე ვილაპარაკოთ უმდაბლესი მაიმუნების სახეობრივ თავისებურებაზე, მაგრამ მხედველობაშია მისაღები, რომ ჯანმრთელ ადამიანზე ერთდროულად მიღებული მონაცემების (ცხრილი 3) თანახმად ამილაზის ტიტრის ამგვარი მერყეობა ადამიანის სისხლშიცაა შესაძლებელი.

არ შეიძლება ისიც არ იქნეს აღნიშნული, რომ ალდოლაზური აქტივობის მხრივ უმდაბლესი მაიმუნის სისხლს ადამიანის სისხლისაგან ბევრად განსხვავდება. უფრო მეტ განსხვავებას ენახულობთ სისხლის ფოსფატაზურ აქტივობაში. როგორც ირკვევა, მაიმუნი-რეზუსის სისხლში ტუტე ფოსფატაზის აქტივობა ძლიერ განსხვავდება მოზრდილი ადამიანის სისხლის ფოსფატაზური

აქტივობისაგან და ერთგვარად უახლოვდება უმცროსი ასაკის ბავშვის სისხლში აღნიშნულ ტუტე ფოსფატაზის რაოდენობის მერყეობის ფარგლებს. გამორიცხული არაა, რომ ტუტეობაში მყოფი მაიმუნები რაქიტის ფართული ფორმით იყვნენ დაავადებული, რასაც თანსდევს სისხლში ფოსფატაზის ტიტრის მომატება. ადამიანისა და მაიმუნის-რეზუსის სისხლისათვის მიღებული კარბონაჰიდრატის რიცხვებით თითქმის სრულ თანდამთხვევას იძლევა.

შედარებით ბიოქიმიის თვალსაზრისით დიდად საინტერესოა მაიმუნის ჰორმონალური მიმოცვა, პირველ რიგში მხედველობაში გვაქვს თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონები.

კორტიკოსტერონისა და ჰიდროკორტიზონის (17-ოქსიკორტიკოსტერონის) შემცველობა თირკმელზედა ჯირკვლების გამომტანი სისხლძარღვების სისხლში საკმარის წარმოდგენას იძლევა ამ ჯირკვლების ინკრეტორული მოქმედების შესახებ, რითაც მაიმუნს არსებითად განსხვავდება სხვა ცხოველებისა და ადამიანისაგან. კერძოდ, არსებული ობსერვაციების მიხედვით [8] 17-კორტიკოსტერონის შემცველობა მაიმუნის სისხლში 20-ჯერ აღემატება კორტიკოსტერონის შემცველობას. რაც შეეხება კორტიზონს, მას შეიცავს მხოლოდ ადამიანის პერიფერიული სისხლი და ის გამოიყოფა შარდთან ერთად, ხოლო თირკმელზედა ჯირკვლიდან გამომავალ სისხლში ის აღმოჩენილი არაა.

უმაღლესი მაიმუნების სისხლში 17-ოქსისტეროიდების შემცველობა უკანასკნელ დროს საფუძვლიანად იქნა შესწავლილი. ჩატარდა 50 მაიმუნზე (მაკაკა-რეზუსი და ცინომოლგუსი). მაგრამ პლაზმისა და პერიფერიული სისხლის გამოკვლევით სახეობრივი და სქესობრივი განსხვავების დადგენა არ აღმოჩნდა შესაძლებელი. 17-ოქსისტეროიდების რაოდენობა საშუალოდ 37,7 მიკროგრამ % შეადგენდა (სტანდარტული გადახრა 7, 8). თუ ამ რიცხვს შევადარებთ ადამიანზე მიღებულ მონაცემებს, დავრწმუნდებით იმაში, რომ მაიმუნის-რეზუსის სისხლი თითქმის 3-ჯერ უფრო მდიდარია სტეროიდებით ადამიანის სისხლთან შედარებით.

ამგვარად, თირკმელზედა ჯირკვლის სტეროიდების სურათი საფუძველს ვუძლევეს დავუწვათ ამ მხრივ უმაღლესი მაიმუნების ბიოქიმიზმში გარკვეული-სახეობრივი თავისებურების არსებობას.

ლიტერატურაში ვერ შევხვდით მონაცემებს მაიმუნების სისხლში თირკმელზედა ჯირკვლის მეორე ჰორმონის — ადრენალინის შემცველობის შესახებ. უნდა აღინიშნოს, რომ მაიმუნებში თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქოვანი შრის ფუნქცია ოფენდაც იმითაა საინტერესო, რომ მის უკმარისობისას ამ ცხოველთა სისხლის შაქრის დონისა და ლვილში გლიკოგენის რაოდენობის საწყისთან შედარებით მეტისმეტად მკვეთრი დაცემა აღინიშნება (სისხლის შაქარი ქვეითდება 20%, გლიკოგენის რაოდენობა ლვილში — 0.07%-მდე). ასეთ შემთხვევებში განვითარებულ პათოლოგიურ სურათში წამყვანს ჰიპოგლიკემიური კრუნჩხვები წარმოადგენს (ლიტერატურა თირკმელზედა ჯირკვლის უკმარისობის შესახებ მაიმუნებში, იხ. ს. ბ ა რ ი ტ ნ ი და სხვ. [11]).

კუნთებსა და გულში გლიკოგენის რაოდენობის მხრივ უმაღლესი მაიმუნები ადამიანისაგან თითქმის არ განსხვავდებიან.

ჩვენს განკარგულებაშია მონაცემები მიღებული მაიმუნების სისხლში ადრენალინის და დეჰიდროადრენალინის რამდენიმეჯერ ჩატარებულ განსაზღვრით. ამ მონაცემების მიხედვით, ადრენალინის შემცველობა მერყეობს 0,0—35,0 მიკროგრამ %, ხოლო დეჰიდროადრენალინის შემცველობა — 0,0—18,0 მიკროგრამ %-ის ფარგლებში.

როგორც ცნობილია, მონაცემები ადამიანის სისხლში ადრენალინის შემცველობის შესახებ მეტისმეტად არაერთგვაროვანია, რაც უმთავრესად დამოკიდებულია ამათუიმ ავტორის მიერ გამოყენებულ მეთოდისაგან. შედარები-

სათვის მივმართავთ მონაცემებს, მიღებულს თ. ფიჩხაიას მიერ [12] ადამიანის სისხლისათვის, ანალიზის იმავე მეთოდის გამოყენებით. მის მიერ დადგენილ იქნა, რომ ადამიანის სისხლში ადრენალინის რაოდენობა 8—28 მიკროგ. % და დეჰიდროადრენალინის რაოდენობა 2,0—25,0 მიკროგ. % ფარგლებში მერყეობს.

ფიზიოლოგიური ადრენალინემიის დაპირისპირება ჰიპერადრენალინემიის ტიტრთან მაჩვენებელია დიდი მსგავსებისა, რომელიც ამ მხრივ ადამიანისა და უმდაბლესი მამულების ბიოქიმიზმს შორის არსებობს.

ყოველი ზემოთქმულის საფუძველზე შეგვიძლია ის დასკვნა გამოვიყვანოთ, რომ უმდაბლესი (და უმაღლესი) მამულების ორგანიზმში ცილებისა და ბიოკატალიზატორების შესწავლა დიდად საინტერესოა და რომ ის ცხოველთა ბიოქიმიზმის დიფერენცირებისათვის მეტად მნიშვნელოვან მასალას იძლევა (შესაძლებელია არა მარტო სახეობათა შორის, არამედ ერთი სახეობის შიგნითაც კი).

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო  
 ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3.5.1957)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. С. Асатиани. Методы биохимических исследований. Медгиз, Москва, 1956.
2. С. Д. Балаховский и И. С. Балаховский. Методы химического анализа крови. Медгиз, Москва, 1952.
3. А. С. Коникова и А. В. Валова. Арх. биол. наук, 1938, 50, 48.
4. H. Deutsch a M. Good Ioe. Journ. Biol. Chem., 1945, 161, 15.
5. H. Gibian. Angew. Chem., 1954, 9, 249.
6. С. Kochakian. Journ. Biol. Chem., 1944, 155, 179.
7. M. Kennard a M. Willner, Endocrinology, 1941, 28, 955.
8. L. Bush. Journ. Endocrinol., 1953, 9, 95.
9. C. Migeon, et al., Journ. Physiol., 1955, 182, 462.
10. В. С. Асатиани. Биохимический анализ, II-ое изд., Грузмедгиз, Тбилиси, 1954.
11. S. Britton et al., Amer Journ. Physiol., 1938, 123, 705.
12. Т. П. Пичхая. Диссертация, Тбил. Гос. мед. институт, 1951.

ა. შივაშვილი

 მეოთხეული მანუოგრაფიის ახალი აღბილსაკომეგალი აღმოსვლეთ  
 საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. დავითაშვილმა 12.9.1957)

1956 წ. შემოდგომაზე გეოლოგმა შ. ადამიამ პალეობიოლოგიის სექტორის გადასცა მეოთხეულ ნამარხ მაწოვართა ნაშთების მცირე კოლექცია, აღმოჩენილი დმანისის რაიონის სოფელ ოროზმანის მიდამოების ტბიურ ნალექებში. უფრო გვიან ჩვენ დავათვალიერეთ აღნიშნული ადგილი და უკვე არსებული მასალა შევავსეთ ზოგიერთი ახალი მონაპოვრით.

ნამარხი ცხოველების ნაშთები ოროზმანში ქმნიან ბუდობრივ ჩანართს მკვრივ მურა-ნაცრისფერ ქვიშებში, რომელთა ხილული სიმძლავრე დაახლოებით ორ მეტრს აღწევს. აღნიშნული ტბიური ქვიშები მოქცეულია მეოთხეულად დათარიღებულ დოლერიტურ ლავებს შორის (პ. ვ ა მ ყ რ ე ლ ი ძ ე, 1947).

ოროზმანში დაგროვებული ნამარხი ცხოველების ნაშთები ცუდი დაცულობით ხასიათდება და ძირითადად წარმოდგენილია ფრაგმენტების სახით, რომელთა გარკვეული ნაწილის განსაზღვრა შეუძლებელია. ნამარხი ძვლების ნატეხთა ბასრი კიდეები გვაფიქრებინებს, რომ ისინი ახლო მანძილზე უნდა ყოფილიყვნენ ვადმოტანილი ნიაღვრების მიერ.

ჩვენ მიერ განსაზღვრული ოროზმანის ფაუნა წარმოდგენილია შემდეგი სახეებით:

*Felis cf. spelaea* Goldf*Equus caballus* L. (cf. var. *strictipes* Gabunia)*Bos cf. primigenius* Boj ?*Ovis* sp.*Cervus cf. elaphus* L.*Marmotta* sp.

გამოქვამბულის ლომის (*F. cf. spelaea*) ნაშთი ამიერკავკასიის პლეისტოცენურ ნალექებში ძლიერ იშვიათად გვხვდება. რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, ეს სახე აღნიშნულია საკაჟიას და მლეიმევის გამოქვამბულებიდან (დასავლეთი საქართველო). ოროზმანის მონაპოვარი იმითაც არის მნიშვნელოვანი, რომ იგი შესაძლოა მიგვითითებდეს დმანისის რაიონში მეოთხეულში ქსეროფიტული ლანდშაფტის არსებობაზე.

ოროზმანის ცხენისათვის (*E. caballus*) დამახასიათებელია შედარებით ძლიერ ვიწრო და მოხდენილი მეტაპოდოლები, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს ვივარაუდოთ მისი სიახლოვე (*E. cab. var. strictipes*-თან), რომელიც ახლახან აღწერა ლ. ვ ა ბ უ ნ ი ა მ საგვარჯილეს პალეოლითიდან.

პირველყოფილი ძროხა (*Bos cf. primigenius*) საქართველოს ტერიტორიაზე დღემდე არ იყო ცნობილი. ოროზმანში პირველყოფილი ძროხის არსებობა გვაფიქრებინებს, რომ დმანისის რაიონი, აგრეთვე მასთან მოსაზღვრე საქართველოს ტერიტორია ჩრდილო-აღმოსავლეთით და აღმოსავლეთით ზოოგეოგრა-

ლიულად დაკავშირებული იყო აზერბაიჯანთან, საიდანაც კარგა ხანია ცნობილი პლესტოცენური ნამარხი ძროხები.

ოროზმანში მოპოვებულ მაწოვართა ნაშთებს შორის რამდენიმე ძვალი ეკუთვნის ირემს, რომელიც, ჩვენი აზრით, კეთილშობილ ირემს (*C. elaphus*) უახლოვდება. თუმცა ირმის მეტაბოლიუმის ერთი ქვედა ბოლო იმდენად განსხვავდება თავისი სიდიდით, რომ შესაძლებლად მიგვაჩნია ვივარაუდოთ ამ მადამოებში ირმების კიდევ სხვა წარმომადგენლის არსებობა.

კავკასიის მეოთხეულ ნალექებში ცხვარი (*Ovis sp.*) იშვიათად გვხვდება. აღსანიშნავია, რომ ოროზმანის სახეობა ძლიერ ემსგავსება თანამედროვე მცირე აზიის მუფლონს (*O. aphion Bl.*), რითაც ის, შესაძლოა, განსხვავდება ყირიმისა და კავკასიის პალეოლითური ზოგიერთი სახეობისაგან, რომელთაც არგალოიდურ ცხვარს უახლოვებენ.

თითქმის ყველაზე საინტერესო მონაპოვრად ოროზმანის ტბიური ნალექებიდან ჩვენ მიგვაჩნია ზაზუნა<sup>1</sup>, რომელიც ყველაზე მეტად ბაიბაკს (*Marmotta bobac Mull.*) ემსგავსება. განსაკუთრებული ინტერესი ამ მონაპოვრისადმი იმით არის გამოწვეული, რომ ზაზუნა დღემდე კავკასიიდან ცნობილი არ ყოფილა. მხოლოდ უკანასკნელ ხანებში სამხრეთ ოსეთის პალეოლითში ნახულ იქნა ზაზუნას ყბის ფრაგმენტი, რომელსაც ნ. ვერეშჩაგინი (1957) *M. mamotta*-ს უახლოვებს.

ი. პილოლიჩკო (1951) ფიქრობდა, რომ კავკასიის ტერიტორიაზე ზაზუნას არარსებობის მიზეზი ამ მხარის ტერიტორიული განცალკევება იყო. მისი აზრით, ზაზუნას გავრცელებას კავკასიაში ჩრდილოეთიდან ხელს უშლიდა წყლის ზღუდე, რომელიც არსებობდა მანიჩის სრუტის მოსაზღვრედ. მაგრამ ამ ზღუდის მოსაპოვის შემდეგაც, ი. პილოლიჩკოს აზრით, კავკასიაში ზუზუნას გავრცელებას ზელი შეუშალა ანთროპოგენულმა ფაქტორმა. იმავე ავტორის აზრით, ზაზუნას გავრცელება სამხრეთიდან გამორიცხულია იმის გამო, რომ იქ ეს ფორმა ნახული არ არის.

თუ მივიღებთ, რომ პლესტოცენში ზაზუნა მართლაც ვერ შემოვიდოდა კავკასიაში სამხრეთიდან, მაშინ უნდა დავუშვათ მისი გავრცელება ჩრდილოეთის გზით. ოროზმანის ზაზუნას ავტოქთონური წარმოშობა ჩვენ ნაკლებ მისაღებად მიგვაჩნია.

საქიროა შევეხოთ აღნიშნული მონაპოვრის ეკოლოგიურ მნიშვნელობას. ცნობილია, რომ ზაზუნები ძირითადად სტეპების ცხოველებია. ეს გარემოება გვაძლევს საფუძველს ვიფიქროთ, რომ იმ დროს, როცა ჩვენში ზაზუნა ცხოვრობდა, საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ტერიტორიაზე სტეპები არსებობდა. ამასვე ადასტურებს ოროზმანში ცხენის, პირველყოფილი ძროხისა და, შესაძლოა, ცხვრის ნაშთის პოვნაც.

დაბოლოს, უნდა აღინიშნოს, რომ ოროზმანში ნახულ იქნა აგრეთვე ადამიანის საძირე კბილის უმნიშვნელო ფრაგმენტი, რომელიც, სამწუხაროდ, არ იძლევა საშუალებას ვიმსჯელოთ ოროზმანის ადამიანის სისტემატიკურ მდებარეობაზე.

<sup>1</sup> ზაზუნას ნების ძვლის განსაზღვრაში დახმარებისათვის მადლობას ვუხდით ნ. ვერეშჩაგინსა და ლ. გაბუნიას.

ჩვენი აზრით, დმანისის რაიონის ტბიურ ნალექებში სავარაუდოდ პალეო-ლითური ცხენის მსგავსი სახის არსებობა, ისევე როგორც ზაზუნასი, რომელიც შეიძლება შემოსულიყო საქართველოს ტერიტორიაზე არა უადრეს შუა პლეისტოცენისა, შესაძლებლობას გვაძლევს მივაკუთვნოთ ეს ნალექები სავარაუდოდ შუა ან ზედა პლეისტოცენს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 14.9.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. К. Верещагин. Плестойценовые позвоночные из пещеры Кударо I в Юго-Осетии и их значение для разработки истории фауны и ландшафтов Кавказа. ДАН СССР, т. 113, № 6, 1957.
2. П. Д. Гамкrelidze. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Ин-т геологии и минералогии АН ГССР, монографии, № 2, 1949.
3. Л. Маруашвили. Зуртакетская палеолитическая стоянка в Южной Грузии и ее геологическое значение. «Природа», № 6, 1946.
4. И. Г. Пидопличко. О ледниковом периоде, Из-во АН УССР, ч. 2, 1951.



## მინერალოგია

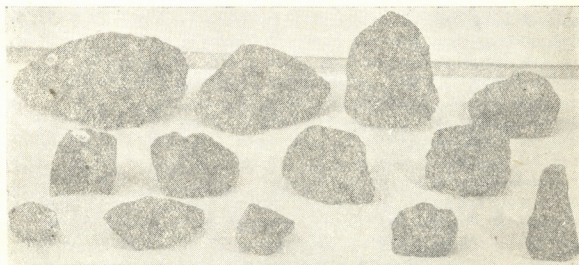
ა. ბამშრალიძე

ვაკიჯვრის პეგმატიტის ძარღვების ერთი თავისებურების  
შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ძოწენიძემ 29.3 1957)

ვაკიჯვრის სიენიტურ მასივთან (საქ. სსრ) გენეტიურად დაკავშირებულ პეგმატიტის ძარღვების შედგენილობაში აღმოჩნდა თავისებური მრავალწახნაგოვანი ფორმები, რომლებიც გარეგნული შეხედულებით ბიოტიტის დამახინჯებულ კრისტალებს მოგვაგონებენ. თუ ამ სხეულებს გავტეხთ, აღმოჩნდება, რომ ბიოტიტის ფურცლები მათ გარედან აქვთ შემოკრული (0,5-ს სმ სიმძლავრით), შიგნით კი მოთავსებულია ვაკიჯვრის პეგმატიტის ძარღვებისათვის დამახასიათებელი ერთი ან რამდენიმე მინერალი. საყურადღებოა, რომ ამ სხეულებს შიგნით ბიოტიტის პატარა ფურცელიც კი არ გვხვდება, მას მხოლოდ პერიფერიული ზონა უკავია და ნაჭუჭივით აკრავს შიგნით მდებარე მინერალს ან მინერალებს.

ეს სხეულები 4,6,8-წახნაგოვანია და მორფოლოგიურად მოგვაგონებენ ტეტრაედს, პირამიდას, რომბოედრს, პარალელოპიპედს, ზოგჯერ თავისებურ ფორმებსაც ქმნიან (იხ. სურ.).



სურ. 1

ამ სხეულების ზომა სხვადასხვაა; მათი მოცულობა რამდენიმე კუბური სანტიმეტრიდან რამდენიმე ასეულ კუბურ სანტიმეტრს უდრის. იშვიათად გვხვდება წაგრძელებული ექვსწახნაგოვანი ფორფიტისებრი ფორმები, სადაც მხოლოდ ორი წახნაგია გაბატონებული. ბიოტიტის ფურცლები, რომლებიც ამ სხეულებს გარედან აკრავს, წარმოადგენენ სამკუთხედს, ოთხკუთხედს, ხუთკუთხედს, ექვსკუთხედს.

ამ სხეულების შიგნით მოთავსებული ნივთიერება უმეტესად პოლიმინერალური შედგენილობით ხასიათდება, მაგრამ გვხვდება მონომინერალური შედგენილობისაც და ამ უკანასკნელ შემთხვევაში წარმოდგენილია ან აპატიტი, ან ანორთოკლაზი, პირიტი, კალციტი, რქატყუარა და სხვ.

საყურადღებოა, რომ მონომინერალური შედგენილობის შემთხვევაში არც ერთი მინერალი თავისუფლად განვითარებულ კრისტალს არ გვაძლევს და ყოველთვის დამახინჯებული კრისტალებია, მაგრამ სხეულის გარეგან ფორმას ძირითადად ემსგავსება შიგნით მდებარე მინერალის ფორმა, მხოლოდ პატარა წახნაგები შიგნით მოთავსებულ მინერალს განვითარებული აქვს ბიოტიტის წახნაგებისაგან შედგენილ წიბოების ზონაში.

პოლიკომპონენტური შედგენილობის შემთხვევაში იდიომორფულ კრისტალებს გვაძლევს აპატიტი, რქატყუარა, პიროქსენი, პირიტი, კვარცი და სხვ. ვაკეჯირის პეგმატიტის ძარღვებში (ცნობილია 5 ძარღვი) ეს თავისებური სხეულები ყველა ძარღვისათვის არის დამახასიათებელი, მაგრამ აქედან ჩვენ შევხვებით 8 მეტრის და ერთი მეტრის სიმძლავრის ორ ძარღვს, რომელთა ცენტრალურ ნაწილებში ეს სხეულები გარეგან არის წარმოდგენილი და ამასთან ერთად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან რიგი ინდივიდუალური თავისებურებით.

საყურადღებოა, რომ 8 მეტრის სიმძლავრის პეგმატიტის ძარღვში ამ სხეულების საკმაოდ მოზრდილი ფორმები გვხვდება. მაგრამ მათ შედგენილობაში მონაწილეობს ყველა ის მინერალი, რომელიც ამ პეგმატიტის ძარღვის რომელიმე ზონისათვის არის დამახასიათებელი და არასდროს არ გვხვდება ისეთი მინერალი, რომელიც ამ სხეულების გარეშე არ მოიპოვებოდა.

რაც შეეხება ერთი მეტრის სიმძლავრის ძარღვს, რომელიც 8-მეტრიანი ძარღვიდან 15 მეტრის მანძილზე არის დაშორებული, მის შედგენილობაში შემავალი სხეულები რიგი თავისებურებით ხასიათდება: ბიოტიტის ფურცლებთან დასურული ფორმები მეტი რაოდენობით გვხვდება, ერთიმეორის გვერდით არის ჩაწყობილი ძარღვის ცენტრალურ ნაწილში და ყოველი სხეულის ირგვლივ 3—5 სანტიმეტრის სიმძლავრის ბიოტიტის თაბახებია. ამ სხეულების შიგნით გვხვდება კვარცი, ხოლო ამ სხეულების გარეშე, არც ამ ძარღვში და არც საერთოდ მეზობელ პეგმატიტის ძარღვებში კვარცი არ გვხვდება.

საკითხის ნათელსაყოფად განვიხილოთ როგორც 8-მეტრიანი, ისე ერთ-მეტრიანი ძარღვებში გავრცელებული ტიპობრივი ფორმები.

8 მეტრის სიმძლავრის პეგმატიტის ძარღვში ბიოტიტის რახურული ფორმების საკმაოდ დიდი მოცულობისაა. გვხვდება როგორც მონომინერალური შედგენილობის (აპატიტი, რქატყუარა, პირიტი, ანორთოკლაზი ან კალციტი), ასევე პოლიმინერალური შედგენილობისაც.

დახურული სხეულების შიგნით ანორთოკლაზი და კალციტი ყოველთვის ქსენომორფულია, აპატიტი, პიროქსენი და რქატყუარა იდიომორფულ ფორმებს გვაძლევს: პირიტი თანაბრად განვითარებული (210, 111) იკოსაედრების სახით გვხვდება, ხოლო მოლიბდენიტი ექვსკუთხედიან ფურცლებად.

ამ სხეულების შემადგენელი კომპონენტებთან უანაწილებას კანონზომიერიება არ ემჩნევა. საყურადღებოა მხოლოდ, რომ სულფიდები და კალციტი პერიფერიულ ზონაში გვხვდება. ქარსის ფურცლებთან კონტაქტში ყოველთვის რქატყუარაა (ურალიტი). ხშირად რქატყუარას შიგნითა ნაწილში პიროქსენა (დიოპსიდი).

მინერალთა იდიომორფიზმის რიგი ასეთია: აპატიტი, მაგნეტიტი, მოლიბდენიტი, ბიოტიტი, პიროქსენი, რქატყუარა, ანორთოკლაზი, კალციტი. როდესაც ასეთი სხეულების შიგნით მართო ანორთოკლაზია მოთავსებული, ის პერიფერიულ ნაწილში ხორცისფერია და ტყეჩვადობა სუსტად აქვს გამოსახული,

ხოლო ცენტრალური ნაწილი მტრედისფერია და ტყეჩადობა კარგად ემჩნევა. მიკროსკოპულმა შესწავლამ დაგვარწმუნა, რომ პერიფერიულ ზონაში გვაქვს პერტიტიზებული ანორთოკლაზი, ხოლო ცენტრალურ ნაწილში სუფთა ანორთოკლაზია.

რიგ შემთხვევებში სხეულის შიგნითა ნაწილი წარმოდგენილია მარტო აბატიტით, რომელსაც კარგადაა ემჩნევა არათანაბრად განვითარებული პრიზმის ექვსი წახნაგი. დანარჩენი წახნაგები, თვალთაგან დასწრე შესამჩნევია. აბატიტი თავისუფლად განვითარებულ კრისტალებს მხოლოდ პოლიმინერალური შედგენილობის სხეულებში იძლევა.

ზოგიერთი სხეული ძირითადად რქატყუარით არის აესებული, რომლის ცენტრალურ ნაწილში ზოგჯერ დიოპსიდი გვაქვს. რქატყუარაში ჩართულია ხოლმე პირიტის იკოსაედრული კრისტალები.

არის შემთხვევები, როცა შიგნით მარტო პირიტია მოთავსებული. ამ შემთხვევაში სხეულები პატარა ზომისაა. პირიტის მოზრდილი კრისტალი იკოსაედრის წარმოადგენს.

სხეულის შიგნითა ნაწილი ზოგჯერ წარმოდგენილია მომწვანო ფერის კალციტით, რომლის მიკროსკოპულმა შესწავლამ დაგვარწმუნა, რომ გარდა კალციტისა, რომელიც სხეულის ძირითად მასას ქმნის, გვხვდება აგრეთვე ანორთოკლაზის უწყვეტ გამოწყობები და რქატყუარას ნემსისებრი კრისტალები; უკანასკნელი თანაზომიერად განაწილებულია როგორც ანორთოკლაზში, აგრეთვე კალციტის მასაშიც, რაც მომწვანო ფერს აძლევს კალციტს. ასეთი შედგენილობის დროს სხეულები პატარა პირამიდულ ფორმებს ქმნიან.

ამ ძარღვის შედგენილობაში ბიოტიტის ფურცლებით ყოველმხრივ დახურული სხეულები იშვიათად გვხვდება, სამაგიეროდ ხშირია სხეულების ერთი-მეორესთან გადახმული სისტემები. ორი ან რამდენიმე ასეთი სხეული თანაზიარი ჭურჭლის მსგავსად ერთმანეთთანაა დაკავშირებული და ქარსის გამყოფი კედელი შეხების ადგილზე ნაწილობრივ აქვთ ხოლმე განვითარებული.

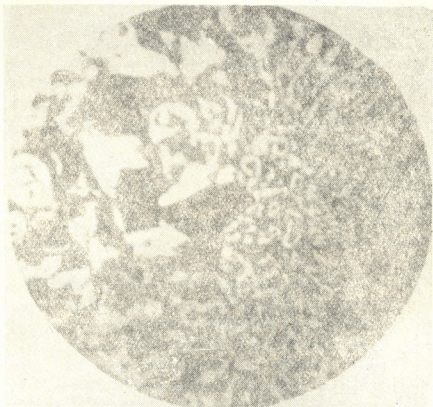
ერთი მეტრის სიმძლავრის პეგმატიტის ძარღვში ყოველმხრივ დახურული ფორმები ხშირია, „თანაზიარი ჭურჭლის“ მაგვარი ფორმები კი იშვიათია. მორფოლოგიურად აქაც ისეთივე სხეულები გვაქვს, როგორც 8-მეტრიან ძარღვში. აქაც გვხვდება მონომინერალური შედგენილობის სხეულები (აბატიტი, პირიტი, რქატყუარა და სხვ.), მაგრამ ისინი ისეთივეა, როგორც 8-მეტრიან ძარღვში. რაც შეეხება პოლიმინერალური შედგენილობის სხეულებს, ისინი რიგი თავისებურებით ხასიათდება. ქარსის ფურცლაკის შიგნით იწყება კვარცის და ანორთოკლაზის კანონზომიერი შერბა ტიპობრივი დამწერლობითი აღნაგობით (იხ. სურ. 2). კვარცის შენახარდი ინდივიდუების სიღრმე პერიფერიიდან ცენტრისაკენ მატულობს და ცენტრში გვაქვს ყეოდისმაგვარი სიცარილე, რომლის კედლებზე კვარცის კრისტალებია განვითარებული, ხოლო კვარცის კრისტალთა შორის სივრცე ამოვსებულია შავი ფერის თხისებრი ნივთიერებით ან ლიმონიტის მიწისებრი აგრეგატით (იხ. სურ. 3). ზოგიერთ სხეულში აქტინოლიტიც არის ხოლმე, რომელსაც პერიფერიული ზონა უკავია, და ჩართულია ანორთოკლაზ-კვარცის ასოციაციაში; ზოგჯერ ყეოდისმაგვარ გვხვდება.

საყურადღებოა, რომ ყეოდის კედლები უმთავრესად სხეულის გარეგანი დორმის პარალელურია, ზოგჯერ კი უწყვეტ ფორმისაა.

1-მეტრიან ძარღვში პოლიმინერალური სხეულები ყველა ერთნაირია შედგენილობის მხრივ და ძარღვში არსებული სხეულების 95% შეადგენენ.

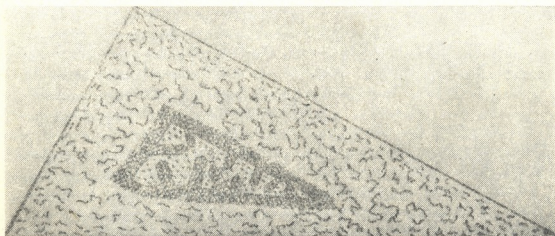
ზოგი ასეთი სხეულის პერიფერიულ ნაწილში გვხვდება პერტიტული ანორთოკლაზის უწყვეტ გამოწყობი და ადვილად გაირჩევა კვარცთან შეზრდილი ანორთოკლაზისაგან ხორცისფერით. თუ კვარცთან შეზრდილი ანორთოკლაზი ძლიერ შეცვლილია პელიტიზაციის გამო, პერიტიტული ანორ-

თოკლაზი უფრო საღად გამოიყურება. აშკარად ჩანს, რომ პერტიტული ანორთოკლაზი უფრო გვიან არის შექრილი ამ დახურულ სხეულში; მაშინ ბიოტიტი გარედან იყო შემოკრული, შიგნით კი ანორთოკლაზისა და კვარცის ევტექტიკური შენახარდი ნაწილობრივ მაინც იყო დაკრისტალებული. ასეთი ანორთოკ-



სურ 2

ლაზი პეგმატიტის ხსნარიდან უფრო გვიან მოტანილ მასალას უნდა წარმოადგენდეს. რიგ შემთხვევაში ანორთოკლაზთან ერთად შემოდის აპატიტის ნივთიერებაც.



სურ 3: 1—ბიოტიტი; 2—წერილობრივი სტრუქტურა კვარცი+ანორთოკლაზი;  
 3—კვარცი; 4—ლიმონიტიანი თიხოვანი ნივთიერება

ჩვენ კარგად ვიცნობთ ძირულის მასივის გრანიტული პეგმატიტის ძარღვებს, სადაც მუსკოვიტის ფრთისებრი ფორმები ძარღვის პარალელურადაა განწყობილი და არასდროს არ ქმნიან ისეთ დახურულ ფორმებს, როგორებიც ვაიჯვრის პეგმატიტის ძარღვებში გვხვდება.

პეგმატიტური ძარღვების შესახებ ჩვენთვის ცნობილ ლიტერატურულ წყაროებში მსგავსი სხეულების აღწერას ვერსად ვერ შევხვდით, რაც მიგვიბრუნებს მათ იშვიათ ვაგრცელებაზე. აღნიშნულ წარმონაქმებს ჩვენ „ქარსის ჭურჭლები“ ვუწოდეთ.

ჩვენი აზრით, აქ ორი საკითხია გასარკვევი:

1. რა პროცესების შედეგად გაჩნდა ქარსის დახურული ფორმები ვაკუჯრის პეგმატიტის ძარღვებში?

2. რა პროცესების შედეგად გაჩნდა კვარცი ამ დახურულ სხეულებში. როგორც ამ სიენიტური პეგმატიტებისათვის „უცხო“ მინერალი?

ვაკუჯრის პეგმატიტის ძარღვების შესწავლამ დაგვარწმუნა, რომ სიენიტურ მასივთან გენეტიკურად დაკავშირებული პეგმატიტის წარმოშობი ხსნარები კონტამინაციას განიცდიდა მასივში მოხვედრადი ფუძე ქანის ქსენოლითების გავლენით, რის შედეგადაც სიენიტური მაგმის ნარჩენმა ხსნარმა დიდი რაოდენობით მიიერთა ფუძე ქანის ელემენტები და ჰიბრიდული ხასიათი მიიღო.

ჩვენი აზრით, ნაპარალში შეჭრილი პეგმატიტური ხსნარი შემცველი ქანის ნამსხვრევებზე აწარმოებს ზემოქმედებას. ქანის სხვადასხვა სიდიდისა და ფორმის ნატეხები ზდებიან მეტასომატური პროცესების კერად. ქსენოლითიდან ხსნარში მიგრაციას განიცდიან ტუტეები და მის პერიფერიულ ზონაში ბიოტიტის გამოყოფის ხელსაყრელი პირობები იქმნება. ბიოტიტის ფურცლები გარს ეკვრის ქსენოლითს და ქმნის აღწერილ სხეულებს. აღსანიშნავია, რომ „ქარსის ჭურჭლები“ მხოლოდ სიენიტისა და ანორთოკლაზ-ბიოტიტისანი რქაქვა ქანის ქსენოლითებთან არის დაკავშირებული, ხოლო ფუძე ქანის ქსენოლითების ირგვლივ კი არ ვითარდება.

რაც შეეხება „ქარსის ჭურჭლებში“ კვარცის არსებობას, ჩვენ ის შემდეგნაირად შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ:

რადგან კვარცი მხოლოდ ამ დახურული სხეულების შედგენილობაში გვხვდება, უნდა ვიფიქროთ, რომ კვარცის გაჩენის მიზეზი თვით ეს სხეულებია. ე. ი. კვარცი გენეტიკურად ამ სხეულების წარმოშობას უკავშირდება. ხაზი უნდა გაფუსვავთ იმ გარემოებას, რომ კვარცი გვხვდება მხოლოდ ანორთოკლაზთან პარაგენეზისში. ისეთ სხეულებში, სადაც ანორთოკლაზი არ გვხვდება, კვარციც არ არის. მამასადამე, კვარცსა და ანორთოკლაზს შორის გენეტიკური ურთიერთობა უნდა იყოს. აქედან გამომდინარე ვფიქრობთ, რომ კვარცი გაჩნდა ანორთოკლაზის მასალის დეალკალიზაციით. რადგან ბიოტიტი ადრეულად კრისტალდება, მის შიგნით მოქცეული ანორთოკლაზის შესაქმნელი მასალიდან წარმოებს პერიფერიისაკენ ტუტეების მიგრაცია, რაც ბიოტიტის შესაქმნელად აუცილებელია. ამის გამო სხეულის შიგნითა ნაწილში ჭარბი რაოდენობით რჩება  $SiO_2$ , რომელიც კვარცის სახით გამოიყოფა და გადარჩენილ ანორთოკლაზის ნივთიერებასთან ერთდროულად კრისტალდება. ეს გარემოება უნდა იყოს მიზეზი, რომ კვარცი პერიფერიიდან ცენტრისაკენ მატულობს და ცენტრში თავისუფალ კრისტალებს ქმნის ყუოდისმავკარ სიცარილეებში. ყუოდის წარმოშობაც მასალის ნაწილობრივი გატანის შედეგი უნდა იყოს. ამგვარად, ზემოთ მოყვანილი ფაქტობრივი მასალის საფუძველზე შევეცადეთ ამ თავისებური ქარსის „ჭურჭლების“ წარმოშობის საკითხი გავვეშუქებინა, თუმცა მოცემული ახსნა ერთადერთ შესაძლო ახსნად არ მიგვაჩნია.

ნ. ბარათაშვილის სახელობის  
 გორის პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას ნოუვიდა 29.3.1957)





დადროსელებული ძრავას თეორიულ ციკლში (ნახ. 1, I)  $fc$  და  $z_b$  ადგენენ კუმშვისა და გაფართოების ადიაბატებს; სითბოს მიწოდება წარმოებს  $c$   $z$  პროცესის განმავლობაში მუდმივი მოცულობის დროს, ხოლო სითბოს მოცულობა ჯერ მუდმივი მოცულობის (პროცესი  $ba$ ) და შემდეგ მუდმივი წნევის (პროცესი  $af$ ) დროს.

დადროსელებული ძრავას ნამდვილ ციკლში (ნახ. 1, II) დადროსელების ხარისხი ადვილად განისაზღვრებოდა ნამდვილი კუმშვის ხარისხის სიდიდის მიხედვით.

$$\varepsilon_1 = \frac{V_f}{V_c} \quad (1)$$

იდეალურ შემთხვევაში, როდესაც არ არსებობს დადროსელება, ნამდვილი კუმშვის ხარისხი  $\varepsilon_1$  უნდა უდრიდეს გეომეტრიულ კუმშვის ხარისხს  $\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$ . დადროსელების ზრდასთან ერთად  $\varepsilon_1$  კლებულობს და „სრული“ დადროსელების დროს მისი სიდიდე ერთს უტოლდება. ამრიგად, თეორიულად  $\varepsilon_1$  შეიძლება იცვლებოდეს ზღვრებში  $\varepsilon$ -დან ერთამდე.

ძრავას თბური გაანგარიშების კლასიკური სქემა ითვალისწინებს, რომ შევსების პროცესი მთავრდება ქვედა მკვდარ წერტილში, ე. წ. წერტილში  $a$  (ნახ. 1), და ამ წერტილის პარამეტრები განიხილება როგორც შევსების დასასრულის პარამეტრები.

დადროსელების მხედველობაში მიღებით ნამდვილი ციკლის განხილვისას უფრო მიზანშეწონილია შევსების დასასრულად მივიღოთ არა წერტილი  $a$ , არა-ნედ წერტილი  $f$  (ნახ. 1), რომელიც წარმოადგენს კუმშვისა და ატმოსფერული ხაზების გადაკვეთას.

ასეთი პირობის შესაბამისად წნევა შევსების დასასრულს და, მასაშადამე, კუმშვის დასაწყისში მუდამ, ატმოსფერულის ტოლი იქნება ე. ი.  $p_f = p_a$ .

ძრავას თბური გაანგარიშებისათვის საეხებით საკმარისია  $f$  წერტილის პარამეტრების განსაზღვრა; თუ ცალკეულ შემთხვევებში საჭირო გახდება ქვედა მკვდარ წერტილში აირის წნევისა და ტემპერატურის ცოდნა, მაშინ ისინი შეიძლება ვიანგარიშოთ შემდეგი დამოკიდებულებებიდან:

$$p_a \varepsilon^n = p_f \varepsilon_1^n = p_0 \varepsilon_1^n \quad \text{და} \quad T_a \varepsilon^{n-1} = T_f \varepsilon_1^{n-1},$$

საიდანაც

$$p_a = p_0 \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} \right)^n, \quad (2)$$

და

$$T_a = T_f \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} \right)^{n-1}, \quad (3)$$

სადაც  $n$  კუმშვის პოლიტროპის მაჩვენებელია.

ტემპერატურა შევსების ბოლოს შეიძლება განისაზღვროს აირების რაოდენობრივი ბალანსიდან.

$$M_f = M_r + M_0,$$

საიდანაც, სათანადო გარდაქმნების შემდეგ, მივიღებთ:

$$T_f = \frac{p_0 \varepsilon_1}{p_r + \frac{p_0 (\varepsilon - 1) \eta_v}{T_0}}, \quad (4)$$

სადაც  $p_r$  და  $T_r$  ნარჩენი აირების წნევა და ტემპერატურაა;

$\eta_r$  — შესვენების კოეფიციენტი.

შესვენების კოეფიციენტი განისაზღვრება შევსების პროცესისათვის შედგენილი სითბოს ბალანსიდან, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$i_f = i_0 + i_r f_1 + \Delta Q \quad (5)$$

ბალანსი შედგენილია იმ მოსაზრების საფუძველზე, რომ აირის სითბო-შემცველობა  $i_f$  შევსების ბოლოს, ე. ი.  $f$  წერტილში (ნახ.1), წარმოადგენს ახალი მუხტის  $i_0$  სითბოშემცველობის,  $f$  წერტილში ნარჩენი აირის  $i_r f_1$  სითბოშემცველობისა და შეთბობის  $\Delta Q$  სითბოს ჯამს.

სათანადო გარდაქმნების შემდეგ სითბოს ბალანსი შეიძლება გადაიწეროს შემდეგნაირად:

$$p_0(\varepsilon - 1)\eta_r \frac{T_0'}{T_0} = p_0 \varepsilon_1 - p_r'^n \quad (6)$$

საიდანაც

$$\eta_r = \frac{p_0 \varepsilon_1 - p_r'^n}{p_0(\varepsilon - 1) \frac{T_0'}{T_0}} \quad (7)$$

სადაც  $p_r$  ნარჩენი აირების წნევაა;

$n$  — ნარჩენი აირების გაფართოების პოლიტროპის მაჩვენებელი;

$T_0'$  — საწყავი ნარევის ტემპერატურა შემშვებ სარქველთან.

თუ ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე შევარჩევთ  $T_r$ ,  $p_r$  და  $T_0'$  პარამეტრების სიდიდეებს, მაშინ (7) და (4) ფორმულებით შეიძლება განვსაზღვროთ აირის ტემპერატურა შევსების ბოლოს.

საცდელი განაგარიშებები ვეჩვენებს, რომ ცდომილებები  $T_r$ -ის შერჩევისას 100%-თ ან  $p_r$ -ის შერჩევისას 0,1 კგ/სმ<sup>2</sup>-თ ცვლის  $T_f$ -ს სიდიდეს არა უმეტეს 1,5%.

ნარჩენი აირების კოეფიციენტი

$$\gamma = \frac{M_r}{M_0}$$

ან

$$\gamma = \frac{p_r T_0}{T_r (p_0 \varepsilon_1 - p_r'^n)} \quad (8)$$

დადროსელების ხარისხის ზრდისას  $\gamma$  საგრძნობლად მატულობს, რაც მივითითებს დადროსელების დროს ნარჩენი ინერტული აირებით სუფთა ნარევის ძლიერ დაჭუჭყიანებაზე.

თანადროული საავტომობილო ძრავებისათვის, უქმი სვლით მათი მუშაობის დროს,  $\gamma$  ს სიდიდე 25—30% აღწევს.

აირის წნევა და ტემპერატურა კუმშვის ბოლოს განისაზღვრება ფორმულებით:

$$p_c = p_f \left( \frac{V_f}{V_c} \right)^{\gamma} = p_0 \varepsilon_1^{\gamma} \quad (9)$$

და

$$T_c = T_f \left( \frac{V_f}{V_c} \right)^{\gamma-1} = T_f \varepsilon_1^{\gamma-1} \quad (10)$$



განგარიშებები, ჩატარებული ზემოთ გამოყვანილი ფორმულებით, გვიჩვენებს, რომ დადროსელების ზრდასთან ერთად კუმშვის ბოლოს კლებულობს არა მარტო წნევა, არამედ ტემპერატურაც.

მიღებულ შედეგს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს, რადგანაც გამოთვლები, ჩატარებული ჩვეულებრივ მიღებული ფორმულებით, უჩვენებს  $T_c$ -ს ზრდას დადროსელების დროს.

დადროსელების დროს კუმშვის ბოლოს აირების ტემპერატურის შემცირების ფაქტი სწორ განმარტებას აძლევს მიხურულ დროსელებზე დეტონაციისაკენ მიდრეკილების შემცირებას და მცირე დატვირთვებზე კუმშვის ხარისხის გადიდების შესაძლებლობებს.

მართლაც, დადროსელების დროს აირის ტემპერატურა რომ მატულობდეს, მაშინ შეუძლებელი გახდებოდა კუმშვის ხარისხის გადიდება კარბურატორიანი ძრავის არასრული დატვირთვით მუშაობისა. ეს გამომდინარეობს იქიდან, რომ კუმშვის ხარისხის გადიდების შედეგად კიდევ უფრო მეტად გაიზრდებოდა აირების ტემპერატურა კუმშვის ბოლოს და გადიდებული წნევის პირობებში შეიქმნებოდა ძრავის უდეტონაციოდ მუშაობისათვის შეუძლებელი პირობები.

შეუძლებელი იქნებოდა მიხურული დროსელით მომუშავე ძრავის კუმშვის ხარისხის გადიდება მაშინაც კი. თუ დადროსელების დროს აირის ტემპერატურა კუმშვის ბოლოს მუდმივი დარჩებოდა.

მაგრამ არა ერთგზის ექსპერიმენტებით დადასტურებულია და საყოველთაოდ მიღებული, რომ დადროსელების ზრდასთან ერთად დეტონაციისაკენ მიდრეკილება მცირდება და იქმნება კუმშვის ხარისხის გადიდების შესაძლებლობა. სახელობრ ამ პრინციპზეა აგებული ცვლადი კუმშვის ხარისხის მქონე ძრავების კონსტრუქცია.

დადასტურებულად თუ ჩავთვლით, რომ დადროსელების დროს აირის ტემპერატურა კუმშვის ბოლოს მცირდება, მაშინ დამაჩერებლად შეიძლება დავასაბუთოთ დროსელის მიხურვის დროს დეტონაციის მოსაზობის და მცირე დატვირთვებზე კუმშვის ხარისხის გადიდების შესაძლებლობის მიზეზები.

მას შემდეგ, როდესაც ნაანგარიშები იქნება კუმშვის პროცესის პარამეტრები, ადვილად შეიძლება ვიანგარიშოთ წვისა და გაფართოების ბოლოს აირის წნევა და ტემპერატურა და აგრეთვე ციკლის საშუალო წნევა; ამასთანავე მათი ანგარიშები სქემა ისეთივე რჩება, როგორც გამოიყენება სრული დროსელით მომუშავე ძრავის ანგარიშებისათვის.

სპეციალურად უნდა შეგჩერდეთ სადროსელო ციკლის თერმული მარგი ქმედების კოეფიციენტის განსაზღვრაზე.

კარბურატორიანი ძრავის ჩვეულებრივი ციკლისათვის, სადაც სითბოს მიწოდება მუდმივი მოცულობის დროს ხდება, როგორც ცნობილია, თერმული მარგი ქმედების კოეფიციენტი იანგარიშება ტოლობით:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}, \quad (11)$$

სადაც  $k$  აღიბატის მაჩვენებელია.

კარბურატორიანი ძრავის სადროსელო ციკლისათვის ეს ფორმულა უვაოვისია, რადგანაც ის არ ითვალისწინებს სიმძლავრის რაოდენობრივი რეგულირების გავლენას. ამავე მიზეზით (11) ფორმულას მიყვავართ არასწორ დასკვნაზე, თითქოს ციკლის თერმული მარგი ქმედების კოეფიციენტი არ იყოს დატვირთვისაგან დამოკიდებული.

სწორ შედეგს მივაღწევთ, თუ  $\eta_t$  საანგარიშო ფორმულის გამოყვანისას საფუძვლად მივიღებთ სადროსელო ციკლს (ნახ. 1, I).

ამ სქემის მიხედვით გვექნება:

$$\eta_i = 1 - \frac{Q_2 + Q_3}{Q_1},$$

სადაც

$$Q_1 = c_v (T_s - T_c);$$

$$Q_2 = c_v (T_b - T_a);$$

$$Q_3 = c_p (T_a - T_f).$$

სათანადო გარდაქმნების შემდეგ ვღებულობთ:

$$\eta_i = 1 - \frac{\lambda \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} \right)^{k-1} - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1} + k \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1} - 1 \right)}{\varepsilon_1^{k-1} (\lambda - 1)}, \quad (12)$$

სადაც  $\lambda = \frac{p_a}{p_c}$  წნევის ზრდის ხარისხია;

$\varepsilon_1 = \frac{V_f}{V_c}$  — ნამდვილი კუმშვის ხარისხი;

$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$  — გეომეტრიული კუმშვის ხარისხი;

$k$  — ადიბატის მაჩვენებელი.

გამოყვანილი ფორმულა გვიჩვენებს, რომ სადროსელო ციკლის თერმული მარგი ქმედების კოეფიციენტი დამოკიდებულია კუმშვასა და წნევის ზრდის ხარისხისაგან და, მათსადამე, აგრეთვე მიყვანილი სითბოს რაოდენობისაგან.

თუ სადროსელო ციკლს მივუახლოვებთ ნამდვილი ძრავას ძუშაობის პირობებს, მაშინ  $\varepsilon_1$  შემცირდება დადროსელების ზრდის ტოლფასი იქნება და, მათსადამე,  $\varepsilon_1$  სიდიდის მიხედვით შესაძლებელი გახდება  $\eta_i$  განსაზღვრა კარბურატორიანი ძრავას დადროსელების ნებისმიერი ხარისხისათვის.

იმ დასაშვები კუმშვის ხარისხის სიდიდის განსაზღვრისათვის, რომელიც შეესაბამება ძრავას დადროსელების მოცემულ სიდიდეს, უნდა გამოვდიოდეთ კუმშვის ბოლოს ტემპერატურისა და წნევის ზღვრული სიდიდეებიდან.

საესებით დამაკმაყოფილებელი შედეგები გამოდის, თუ მივიღებთ, რომ დადროსელების დროს კუმშვის ხარისხი იცვლება კანონით, რომელიც უზრუნველყოფს კუმშვის ბოლოს აირის წნევის მუდმივობას ძრავას ყოველგვარი რეჟიმით მუშაობისას.

ასეთი პირობის დაცვით ნარჩენი აირის კოეფიციენტისა და აგრეთვე კუმშვისა და წვის ბოლოს წნევების სტაბილიზაცია ხდება და ისინი აღარ არიან დამოკიდებული დადროსელებისაგან; ეს კი იმას ნიშნავს, რომ თუ უზრუნველვყოფთ კუმშვის ბოლოს აირის წნევის მუდმივობას, მაშინ სამუშაო ნარევის მდგომარეობა (წნევა, ტემპერატურა, ნარჩენი აირების პროცენტული შეცულობა) წვის დასაწყისში ერთნაირი იქნება ძრავას ყოველგვარი რეჟიმისათვის.

ამის გამო ძრავას სამუშაო პროცესი ყოველგვარი დადროსელებისას ისე წარმართება, როგორც ეს ხდება დროსელის სრული გაღების დროს.

(რედაქციას მოუვიდა 27.7.1957)

ო. სოლომონია

## ხელოვნური დაწვიმების ერთი ეკონომიკური ამოცანის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ო. ონიაშვილმა 14.3.1957)

საბჭოთა კავშირის საირიგაციო პრაქტიკაში ხელოვნური დაწვიმების გამოყენებას ნაწილობრივ ზღუდავს დამწვიმებელი დანადგარების ექსპლუატაციის სიძვირე, რაც განისაზღვრება რწყვის წარმოებისათვის დახარჯული მექანიკური ენერგიით. ეს სიძვირე მკვეთრად მატულობს, თუ წყლის წყარო მოსარწყავი ფართობის ქვედა ნაწილში მდებარეობს, ე. ი. როდესაც საჭიროა წყლის აქაჩვა. ამ შემთხვევაში წყალმომარაგებისა და ირიგაციისათვის მიმართავენ ზონირებას. ზონირების განხორციელებისას უმეტეს შემთხვევაში შიზნად ისახავენ საჭირო ენერგიის ხარჯვის ეკონომიას.

როდესაც დამაწვიმებელი სარწყავი სისტემა სადაწნეო მიწებისაგან შედგება, წყლის მიწოდება ხელოვნური დაწვიმებისათვის ანალოგიურია წყალმომარაგებისა, ხოლო ხელოვნური მორწყვა ღია არხებიდან ანალოგიურია ზედაპირული მორწყვისა. ამიტომ ხელოვნური დაწვიმების დროსაც მიზანშეწონილია მივმართოთ ზონირებას.

ცნობილია ზონირების პარალელური და მიმდევრობითი სისტემები. დამტკიცებულია [2], რომ მთელი ტუმბოების ჯამური სიმძლავრე, ისევე, როგორც ენერგიის საერთო ხარჯვა, ზონირების ორივე სისტემის დროს ერთნაირია. მაგრამ ეკონომიურად მნიშვნელოვანია, თუ როგორ იქნება განხორციელებული ზონირების ესა თუ ის სისტემა, კერძოდ, მნიშვნელობა აქვს ზონების რაოდენობასა და მათი მდებარეობის სიმაღლეს.

ზონათა რიცხვით გადიდებით საჭირო ენერგიის საერთო რაოდენობა მცირდება, მაგრამ ამასთანავე მატულობს პირველადი კაპდაბანდებათა მოცულობა. ამიტომ ზონირების ხელსაყრელი რიცხვის შერჩევას დიდი მნიშვნელობა აქვს.

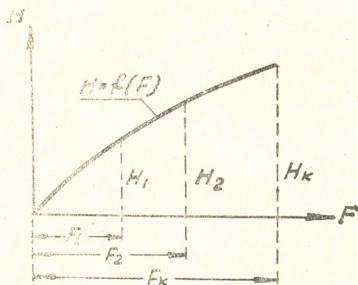
ლიტერატურაში ცნობილია მეთოდები ზონათა ოპტიმალური რიცხვის შესარჩევად. მაგალითად, წყალმომარაგებისათვის ცნობილია ნ. აბრამოვის [1], ხოლო ზედაპირული მორწყვისათვის გ. ვოინიჩისიანოჟენცკის [3] შრომები და ა. შ. ამ ავტორების მიერ შემუშავებული მეთოდები შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული ხელოვნური დაწვიმების სისტემებისათვისაც.

ზონათა რიცხვის განსაზღვრის შემდეგ საჭიროა შერჩეულ იქნეს მისი ისეთი საზღვრები, რომლის დროსაც ტუმბოები მინიმალურ ჯამურ სიმძლავრეს მოითხოვენ. ტექნიკურ ლიტერატურაში [1, 2, 3] ცნობილია მეთოდები ზონების ასეთი საზღვრების შესარჩევად. მაგრამ მთლიანი წნევის ზო-

ნებად დაყოფის დასაბუთება მარტო ენერგეტიკული თვალსაზრისით უკვე ერთ შემთხვევაში შეიძლება არ შეესაბამებოდეს ოპტიმალურ ეკონომიურ გადაწყვეტას. აღნიშნული მეთოდით შერჩეული ზონის სიმაღლის ყოველი გადასაცვლება გამოიწვევს ოპტიმალური ენერგეტიკული გადაწყვეტილებების დარღვევას, ხოლო თუ ამით მიღწეული იქნება პირველადი კაპდაბანდებების მოცულობის შემცირება, ასეთი გადასაცვლება შეიძლება ეკონომიურად გამართლებული აღმოჩნდეს.

ზონების საზღვრების მარტო ენერგეტიკული პრინციპების გათვალისწინებით დადგენას რიგ შემთხვევაში ადგილობრივი, სამეურნეო, ტოპოგრაფიული და სხვა პირობების გამო შეუძლება გამოიწვიოს კაპდაბანდებათა გადიდება. ხელოვნური დაწვიმების მთლიან საექსპლოატაციო ღირებულებაზე კი დიდ გავლენას ახდენს საამორტიზაციო დანარიცხვები, რასაც განსაზღვრავს ობიექტის კაპიტალურ დაბანდებათა მოცულობა.

ამრიგად, ხელოვნური დაწვიმების შემთხვევაში ზონის სიმაღლის მარტო ენერგეტიკული თვალსაზრისის გათვალისწინებით განსაზღვრა საკმარისი არ არის. მაშასადამე, ხელოვნური დაწვიმების სისტემებისათვის, თუ ზონათა რიცხვი მოცემულია, ზონათა საზღვრების დადგენა ისეთნაირად უნდა ხდებოდეს, რომ ობიექტი მთლიანად ხსნიათდებოდეს საერთო მინიმალური დანარიცხვებით.



ფიგ. 1

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად განვიხილოთ ზონარების პარალელური სისტემა. მთელი ტუმბოების საჭირო სიმძლავრე სარწყავი ფართობისათვის, რომელიც მოცემულია ტრანსფიგურირებული რელიეფის მრუდის  $H=f(F)$  სახით (ფიგ. 1), ჰიდრომოდულის მუდმივობის შემთხვევაში ( $q=const$ ) შეადგენს:

$$N = \frac{9.81 \cdot q}{\eta_{II}} [H_1 F_1 + H_2 (F_2 - F_1) + H_3 (F_2 - F_2) + \dots + H_k (F_k - F_{k-1})]. \quad (1)$$

დავუშვათ, რომ ზონირების დასახული სისტემის განსორციელება მოითხოვს  $\Sigma k$  მანეთს, საჭირო ენერგია კი შეადგენს  $\vartheta = NT_0$  კვტს ( $T_0$  მორწყვის დროა საათებით), მაშინ მთელი ობიექტის წლიური დანარიცხები იქნება

$$U = p \cdot \Sigma k + \delta \vartheta, \quad (2)$$

სადაც  $p$  არის სამორტიზაციო ხარჯების წილი, შეფარდებული კადაბანდებისთან;  $\delta$  — ერთეული ენერგიის ღირებულება.

მინიმალური წლიური დანარიცხების განსაზღვრისათვის გამოვიყენოთ ლაგრანჟის მამრავლების წესი რამდენიმე ცვლადის ფუნქციის შეფარდებითი ექსტრემუმის საპონენლად, აი ამ სახით:

$$\Phi = U + \lambda H, \quad (2')$$

სადაც  $H$  ჯამური დაწვევაა, ანუ  $H = (H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_k) = \Sigma H$ .

$K$  და  $\vartheta$  ისეთი მნიშვნელობის საპონენლად, როდესაც  $U = U_{min}$  დაკმაყოფილებულ უნდა იქნეს შემდეგი პირობა

$$\frac{\partial \Phi}{\partial F_1} = 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial F_2} = 0; \quad \dots \quad \frac{\partial \Phi}{\partial F_k} = 0. \quad (3)$$

გამოსახულება (2) და (1) ჩავსვათ (2')-ში, შევიტანოთ აღნიშვნა  $c = \frac{9.81 \cdot q T_0 \cdot \delta}{\eta_{II}}$

და ავიღოთ კერძო წარმოებულები:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial F_1} &= p \frac{\partial K_1}{\partial F_1} + c \left( \frac{\partial H_1}{\partial F_1} F_1 + H_1 - H_2 \right) + \lambda \frac{\partial H_1}{\partial F_1} = 0 \\ \frac{\partial \Phi}{\partial F_2} &= p \frac{\partial K_2}{\partial F_2} + c \left[ \frac{\partial H_2}{\partial F_2} (F_2 - F_1) + H_2 - H_3 \right] + \lambda \frac{\partial H_2}{\partial F_2} = 0 \quad (A) \\ \frac{\partial \Phi}{\partial F_k} &= p \frac{\partial K_k}{\partial F_k} + c [(F_k - F_{k-1}) + H_{k-1} - H_k] + \lambda \frac{\partial H_k}{\partial F_k} = 0 \end{aligned}$$

მაგრამ მნიშვნელობა  $\frac{\partial K}{\partial F} = \frac{\partial K}{\partial N} \cdot \frac{\partial N}{\partial F} \cdot \frac{\partial H}{\partial H}$  ან  $\frac{\partial K_1}{\partial F_1} = \frac{\partial K_1}{\partial N_1} \cdot \frac{\partial N_1}{\partial F_1}$

გვაძლევს უფლებას დავწეროთ

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_1}{\partial F_1} &= \frac{9.81 \cdot q}{\eta_{II}} \left( \frac{\partial H_1}{\partial F_1} F_1 + H_1 - H_2 \right) \\ \frac{\partial N_2}{\partial F_2} &= \frac{9.81 \cdot q}{\eta_{II}} \left[ \frac{\partial H_2}{\partial F_2} (F_2 - F_1) + H_2 - H_3 \right] \quad (B) \\ \frac{\partial N_k}{\partial F_k} &= \frac{9.81 \cdot q}{\eta_{II}} \left[ \frac{\partial H_k}{\partial F_k} (F_k - F_{k-1}) + H_{k-1} - H_k \right]. \end{aligned}$$

ჩავსვათ (B) განტოლებათა სისტემა (A)-ში, შევიტანოთ სიმძლავრის დიფერენციული ერთეულის ღირებულება  $\alpha = \frac{\partial K}{\partial N}$  აღნიშვნა  $c' = \frac{9.81 \cdot q}{\eta_{II}}$

ან შესაბამისად,  $c = c' \cdot \delta \cdot T_0$ , აგრეთვე გავყოთ  $c'$ -ზე და  $\frac{\lambda}{c'}$  აღვნიშნოთ  $\lambda'$ , მა-

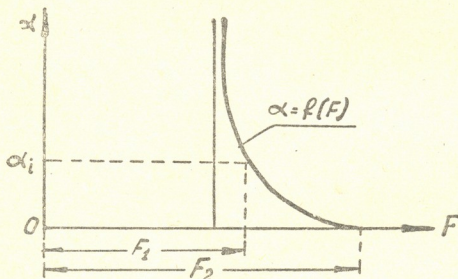
შინ მივიღებთ

$$\begin{aligned} (\rho \cdot x_1 + \delta T_0)(H'_1 F_1 + H_1 - H_2) + \lambda' H'_1 &= 0 \\ (\rho \cdot x_2 + \delta T_0)[H'_2(F_2 - F_1) + H_2 - H_3] + \lambda' H'_2 &= 0 \\ (\rho \cdot x_k + \delta T_0)[H'_k(F_k - F_{k-1}) + H_{k-1} - H_k] + \lambda' H'_k &= 0 \end{aligned} \quad (A)$$

ორზონალური სისტემის შემთხვევაში  $H_2 = H_3$  და (A) განტოლებათა ამოხსნა გვაძლევს

$$\frac{\rho \cdot x_1 + \delta T_0}{\rho \cdot x_2 + \delta T_0} = \frac{H'_1(F_2 - F_1)}{H'_1 F_1 + H_1 - H_2} \quad (4)$$

თუ მოცემულია  $\alpha_1$  და  $x_2$  მნიშვნელობანი,  $F$  სიდიდის ცვლით, (4) გამოსახულებიდან განვსაზღვრავთ მარცხენა ნაწილს, ე. ი.  $\alpha = \frac{\rho \cdot x_1 + \delta T_0}{\rho \cdot x_2 + \delta T_0}$ , ავადგებთ გრაფიკს  $\alpha = f(F)$  და გადავზომავთ რა  $\alpha$  მოცემულ მნიშვნელობას  $x_i$ -ის ორდინატთა ღერძზე (ფიგ. 2), ვპოულობთ საძიებელ მნიშვნელობას  $F_1$ .



ფიგ. 2

წარმოდგენილი მეთოდითაა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ზონის სიმაღლის საპოვნელად როგორც წყალმომარაგების, აგრეთვე ზედაპირული მორწყვის შემთხვევაში.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის მექანიზაციისა და ელექტროფიკაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი  
(რედაქციას მოუვიდა 14.3.1957)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. Н. Абрамов. Обоснование и методы зонирования водопроводных систем. М.—Л., 1949.
2. М. А. Мостков. О разбивке нагнетания на зоны. ТБИИЖТ, Бюллетень № 12, 1950.
3. Г. П. Воинич-Сяноженцкий. Установление рациональной иригационной схемы, для систем с машинным зональным водоподъемом. Автореферат, Тбилиси, 1954.

## ტექნიკა

თ. ბაბაშვილი

ჰიდრაავლიკური ტურბინის განტოლების გამოყენების  
მართი შემთხვევა

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრივემა 7.2.1957)

ზ. მოდებაძის სტატიაში [1] მოყვანილია ცვლადი რეჟიმის დროს მომუშავე ტურბინის განტოლება.

ეს განტოლება ჩვენ გამოვიყენეთ მიკროტრიალას თეორიის ერთ-ერთი საკითხის გადაწყვეტისათვის. ამჟამად მიკროტრიალას იყენებენ ტურბულენტური ნაკადების კინემატიკური სტრუქტურის შესწავლისათვის, კერძოდ, სიჩქარის პულსაციების გამოკვლევისათვის [2]. მიუხედავად მიკროტრიალას კონსტრუქციული სიმარტივისა, მისი თეორია არ არის დადგენილი იმ რთული და მრავალსახოვანი პროცესების გამო, რომელნიც წარმოიქმნებიან ნაკადისა და ხელსაწყოს ურთიერთზეგავლენით.

შრომაში განხილულია ტურბულენტურ ნაკადში სიჩქარის პულსაციების გამოკვლევისას მიკროტრიალას გამოყენებასთან დაკავშირებული ერთ-ერთი ძირითადი საკითხი, სახელდობრ: საკითხი მყისა ადგილობრივ სიჩქარეთა მნიშვნელობებში იმ ცდომილების შეფასებისა, რომელიც გაპირობებულია ტრიალას როტორის ინერციით. ამ საკითხის გადაწყვეტისათვის ვემყარებით როტორის მოძრაობის განტოლების ზოგად სახეს:

$$M - M_r = 2\pi l \frac{dn}{dt}, \quad (1)$$

სადაც  $M$  ფრთოვანაზე მოქმედ ჰიდროდინამიკურ ძალთა მომენტია ბრუნვის ღერძის მიმართ,  $M_r$  მბრუნავი ნაწილების წყალთან ხახუნისა და როტორის საყრდენებში ხახუნის ჯამური მომენტია,  $J$  როტორის ინერციის მომენტია,  $n$  — მის ბრუნვათა რიცხვი წამში.

ძირითად სიძნელეს წარმოადგენს ფრთოვანაზე მოქმედ ჰიდროდინამიკურ ძალთა მომენტის განსაზღვრა. ამ მომენტის თეორიული განსაზღვრა ჯერჯერობით შეუძლებელია. ყოველ შემთხვევაში ნებისმიერი ჰიდრაავლიკური მანქანის ნაკადში მოთავსებული როტორისათვის ჰიდროდინამიკურ ძალთა მომენტი შეიძლება გამოვსახოთ როგორც ნაკადის  $v$  სიჩქარისა და როტორის  $n$  ბრუნვათა რიცხვის ფუნქცია:

$$M = f(v, n). \quad (2)$$

ამ ფუნქციის სახე დამოკიდებულია იმ მანქანის ან მექანიზმის ხასიათზე, რომელსაც ეკუთვნის როტორი (ტურბინა, ვენტილატორი, ტრიალა, ანემომეტრი და სხვა).

(2) ფუნქციის მწკრივად დაშლით მივიღებთ:

$$M = A_0 + A_1 v + A_2 n + A_3 v^2 + A_4 v n + A_5 n^2 + A_6 v^2 n + A_7 v n^2 + \dots, \quad (3)$$

სადაც  $A_0, A_1, A_2, \dots$  განზომილებიანი კოეფიციენტებია, რომელთა მონახვა შეიძლება ექსპერიმენტული გზით. მათი სიდიდე დამოკიდებულია მანქანის ან მქანიზმის ტიპზე, მის პარამეტრებსა და მუშაობის პირობებზე.

მიკროტრიალას ჰიდროდინამიკურ ძალთა მომენტის გამოსახულება შეიძლება ამ დაშლის კერძო შემთხვევად წარმოვიდგინოთ.

ტურბინის ზემოხსენებული განტოლების გამოყენებისას მ. მოსტკოვმა [3] გამოიყენა აგრეთვე ფუნქციის დაშლა მწკრივად. ამის გამო ეს განტოლება, როგორც უფრო ზოგადი, შეგვიძლია შევუფარდოთ, კერძოდ, მიკროტრიალას. ტურბინის განტოლებას, სახეშეცვლილს ზ. მოდებაძის მიერ, შემდეგი სახე აქვს:

$$N = N_0 \psi \eta^2, \quad (4)$$

სადაც  $N$  ტურბინის ცვლადი სიმძლავრეა  $N_0$  სიმძლავრე, რომელიც შეესაბამება განსაზღვრულ რეჟიმს, საწყისად მიღებულს,  $\eta = \frac{a}{a_0}$  მიმმართველი აპარატის ფარდობითი გაღებაა, ხოლო

$$\xi^2 = \frac{H}{H_0} \quad (5)$$

— ფარდობითი დაწოლა.

კოეფიციენტი  $\psi$  თავის მხრივ ტოლია

$$\psi = k_1 + k_2 \frac{v}{\xi} + k_3 \eta + k_4 \frac{v^2}{\xi^2} + k_5 \eta \frac{v}{\xi} + k_6 \eta^2, \quad (6)$$

სადაც

$$v = \frac{n}{n_0} \quad (7)$$

არის ბრუნვათა ფარდობითი რიცხვი;  $k_1, k_2, k_3, \dots, k_6$  კოეფიციენტებია, რომელთა მნიშვნელობებს ვღებულობთ ტოპოგრამებიდან. ეს ტოპოგრამები აიგება ექსპერიმენტული გზით ტურბინების ცალკეული ტიპებისათვის.

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \frac{a_0 \gamma_2}{\lambda_N \xi}, & k_2 &= \frac{a_0 \lambda_n \gamma_4}{\lambda_N \xi}, & k_3 &= \frac{a_0 \gamma_5}{\lambda_N \xi}, \\ k_4 &= \frac{a_0 \lambda_n \gamma_7}{\lambda_N \xi}, & k_5 &= \frac{a_0^2 \lambda_n \gamma_8}{\lambda_N \xi}, & k_6 &= \frac{a_0^2 \lambda_n}{\lambda_N \xi}, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\lambda_N = \frac{N_0}{D^2 H_0 V H}, \quad (9)$$

სადაც  $D$  მუშა თვალის დიამეტრია, ხოლო

$$\lambda_n = \frac{D n_0}{V H_0}. \quad (10)$$

$\gamma_2, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_7, \gamma_8, \gamma_9$  დაყვანილი სიმძლავრის  $N_1^1$  როგორც ბრუნვათა  $n_1^1$  დაყვანილი რიცხვისა და მიმმართველი აპარატის  $a$  გაღების ფუნქციის:

$$N_1^1 = \Phi'(n_1^1, a) \quad (11)$$





ამგვარად,  $c_1, c_2, c_3, c_4$  მოცემული ტრიალას დამახასიათებელი პარამეტრებია. მათი მონახვა შეიძლება ექსპერიმენტული გზით.

ხახუნის ძალთა მომენტი ბრუნვის ღერძის მიმართ ტოლია

$$M_T = M_T' + M_T'', \quad (18)$$

სადაც  $M_T'$  მბრუნავი ნაწილების წყალთან ხახუნის მომენტი,  $M_T''$  როტორის საყრდენებში ხახუნის მომენტი.  $M_T'$  უნდა მივიღოთ მხედველობაში მხოლოდ მიკროტრიალებისათვის კონტაქტური დისკოთი (მაგალითად, იმ ტრიალისათვის, რომელიც კონსტრუირებულია ავტორის მიერ). შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ მცირე და საშუალო სიჩქარეებისათვის [4].

$$M_T' = c_5 n, \quad (19)$$

სადაც  $c_5$  მოცემული მიკროტრიალასათვის მუდმივი კოეფიციენტი.

ხახუნის მომენტი საყრდენ და საბრჯენ საკისარში შეიძლება წარმოდგენილიქნეს შემდეგი სახით [5]:

$$M_T'' = c_0 + c_6 v^2. \quad (20)$$

აქ  $c_0$  და  $c_6$  მუდმივებია, რომელნიც ახასიათებენ როტორის საკისრებს. (20) გამოსახულების პირველი წევრი არის როტორის წონით გამოწვეული ხახუნის მომენტი, მეორე კი — ღერძა ძალით გამოწვეული ხახუნის მომენტი.

(18), (19) და (20) ფორმულებიდან მივიღებთ ხახუნის ჯამურ მომენტს

$$M_T = c_6 v^2 + c_5 n + c_0. \quad (21)$$

(17) და (21) გამოსახულებათა თანახმად (1) განტოლება ასე გადაიწერება:

$$c_1 \frac{v^3}{n} + c_2 v^2 + c_3 v n + c_4 n^2 - c_5 n - c_0 = 2\pi I \frac{dn}{dt}. \quad (22)$$

თუ ადგილობრივი სიჩქარე  $v$  მუდმივია, მაშინ  $n = \text{const.}$  (22) განტოლება მოგვცემს

$$c_1 v^3 + c_2 v n + c_3 v n^2 + c_4 n^3 - c_5 n^2 - c_0 n = 0. \quad (23)$$

როცა  $v = v_r$ , სადაც  $v_r$  მიკროტრიალას აძვრის სიჩქარეა,  $n = 0$  და (23) განტოლებიდან მივიღებთ  $c_1 = 0$ . თუ ნიშნებს მივაკუთნებთ კოეფიციენტებს, მაშინ მოძრაობის განტოლებას ექნება შემდეგი საბოლოო სახე

$$c_2 v^2 + c_3 v n + c_4 n^2 + c_5 n + c_0 = 2\pi I \frac{dn}{dt}. \quad (24)$$

(24) განტოლების შედარება (3)-თან გვიჩვენებს, რომ მიკროტრიალასათვის  $A_0 = c_1, A_1 = 0, A_2 = c_5, A_3 = c_2, A_4 = c_3$  და  $A_5 = c_4$ . დაშლის დანარჩენ წევრებს უგულვებელყოფთ.

მიღებული (24) განტოლების სისწორის დადასტურებისათვის მოვნახოთ მომენტის გამოსახულება საპერო ხრახნის თეორიიდან. თუერის თანახმად [6], საპერო ხრახნისათვის გვაქვს:

$$\frac{Q}{\rho v^2 D} = f_1 \left( \frac{nD}{v} \right), \quad (25)$$

სადაც  $Q$  აეროდინამიკურ ძალთა მომენტი,  $f_1 \left( \frac{nD}{v} \right)$  უგანზომილებო  $\left( \frac{nD}{v} \right)$

სიდიდის ფუნქციაა

დავშალოთ (25) ფუნქცია მწკრივად და დავკმაყოფილოთ დაშლის სამი პირველი წევრით, გვექნება:

$$Q = c_2 v^2 + c_3 v n + c_4 n^2, \quad (26)$$

სადაც

$$c_2 = \rho D^3 \left[ f_1 \left( \frac{n_0 D}{v_0} \right) - \frac{n_0 D}{v_0} f_1' \left( \frac{n_0 D}{v_0} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{n_0 D}{v_0} \right)^2 f_1'' \left( \frac{n_0 D}{v_0} \right) \right],$$

$$c_3 = \rho D^3 \left[ f_1' \left( \frac{n_0 D}{v_0} \right) - \frac{n_0 D}{v_0} f_1'' \left( \frac{n_0 D}{v_0} \right) \right] \text{ და}$$

$$c_4 = \frac{\rho D^5}{2} f_1'' \frac{n_0 D}{v_0}.$$

როგორც (24) და (26) განტოლებებიდან გამომდინარეობს, ჰიდროდინამიკურ ძალთა მომენტის გამოსახულებანი, მიღებული ტურბინის განტოლებიდან და საპაერო ხრახნის თეორიიდან, საესებით ემთხვევიან ერთმანეთს. ეს გარემოება შემომოყვანილი თეორიის დამაჯერებელ დასაბუთებას იძლევა.

## § 2. სატარირო მრუდის განტოლება

ნაკადის მუდმივი ადგილობრივი სიჩქარის დროს როტორის ბრუნვათა რიცხვი სიჩქარის ფუნქციას წარმოადგენს. ამ ფუნქციონალურ დამოკიდებულებას ჩვეულებრივ ასე გამოსახვენ:

$$v = \varphi(n). \quad (27)$$

არსებობს სატარირო მრუდის რიგი ემპირული განტოლებები, რომელთა შორის ყველაზე გავრცელებულია განტოლება:

$$v = an + \sqrt{bn^2 + c}, \quad (28)$$

სადაც  $a$ ,  $b$  და  $c$  ტრიალას პარამეტრებია.

(24) განტოლების საფუძველზე შეგვიძლია მივიღოთ ფორმულა (28) თეორიული ვხით. მართლაც, როცა ადგილობრივი სიჩქარე მუდმივია, გვაქვს:

$$c_2 v^2 + c_3 v n + c_4 n^2 + c_5 n + c_6 = 0,$$

საიდანაც

$$v = -\frac{c_3}{2c_2} n + \sqrt{\left( \frac{c_3^2}{4c_2^2} - \frac{c_4}{c_2} \right) n^2 - \frac{c_5}{c_2} n - \frac{c_6}{c_2}}$$

(ფესვის წინ დასმულია დადებითი ნიშანი, რადგანაც უშუალოდ როტორის აძვრის წინ, ე. ი. როცა  $n = C$ ,  $v_T > 0$ ).

იმ ტრიალასათვის, რომელიც საკონტაქტო დისკო არა აქვს,  $c_5 = 0$  და

$$v = -\frac{c_3}{2c_2} n + \sqrt{\left( \frac{c_3^2}{4c_2^2} - \frac{c_4}{c_2} \right) n^2 - \frac{c_6}{c_2}} \quad (29)$$

(28) და (29) განტოლებათა შედარება გვიჩვენებს მათ სრულ თანმთხვევას, ამასთანავე

$$-\frac{c_3}{2c_2} = 0, \quad \frac{c_3^2}{4c_2^2} - \frac{c_4}{c_2} = b \text{ და } -\frac{c_6}{c_2} = c.$$

(28) გამოსახულებაში ჩვეულებრივ  $a > b$  რაც ეთანხმება (29) განტოლებას. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ პარამეტრი  $c_4$  შედის (17). დაშლის მეოთხე წევრში, გასაგები გახდება, რომ ტელიორის მწკრივის სამი წევრი არ მოგვეცემა საჭირო სიზუსტეს.

### § 3. როტორის ინერციით გამოწვეული ცდომილება მყისა სიჩქარის ჩვენებებში

თუ ნაკადის ადგილობრივი სიჩქარე ცვლადია, როტორის ინერციულობის გამო მისი მყისა ბრუნვათა რიცხვი არ იქნება ტოლი ბრუნვათა რიცხვისა დამდგარ ნაკადში იმავე სიჩქარის დროს. თუ ცნობილია დროის მიხედვით სიჩქარის ცვლილებების კანონი, როტორის მყისა ბრუნვათა რიცხვს მივიღებთ (24) განტოლების ინტეგრებით. პრაქტიკულად საჭიროა პულსაციების გამოკვლევა, ამიტომ მიზანშეწონილია გამოვსახოთ მყისა სიჩქარე ფურციის მწკრივის სახით:

$$v = \bar{v} + \Delta v_0 \sin \omega t + \Delta v_{01} \sin (2\omega t + \alpha_1) + \Delta v_0 \sin (3\omega t + \alpha_2) + \dots$$

საკითხის ასეთნაირი დასმა ძლიერ გაართულებდა მის გადაჭრას. ამიტომ პირველი მიახლოებაში, თუ დავკმაყოფილებთ მწკრივის პირველი ორი წევრით, მივიღებთ:

$$v = \bar{v} + \Delta v_0 \sin \omega t. \quad (30)$$

აქ  $\bar{v}$  ნაკადის გაშუალდებული სიჩქარეა, ხოლო  $\Delta v_0$ —პულსაციური სიჩქარის საამპლიტუდო მნიშვნელობა.

როტორის ბრუნვათა მყისა რიცხვი ტოლია:

$$n = \bar{n} + \Delta n, \quad (31)$$

სადაც  $\bar{n}$  ბრუნვათა რიცხვია დამდგარი რეჟიმის  $\bar{v}$  სიჩქარის დროს.

პულსაციური სიჩქარის მცირე ამპლიტუდებისათვის (24), (30) და (31) გამოსახულებათა საფუძველზე გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ მოძრაობის მიახლოებით განტოლებას:

$$(-k_2 \Delta n - k_1 \sin \omega t) dt + d(\Delta n) = 0,$$

სადაც

$$k_1 = -\frac{2c_2 \bar{v} + c_3 \bar{n}}{2\pi I} \Delta v_0$$

და

$$k_2 = \frac{c_3 \bar{v} + 2c_4 \bar{n} + c_5}{2\pi I}.$$

ამ განტოლების ამოხსნა გვაძლევს:

$$\Delta n = c_5 t + \frac{k_1}{k_2^2 + \omega^2} (-k_2 \sin \omega t - \omega \cos \omega t). \quad (32)$$

როცა  $t=0$ , მაშინ  $\Delta n=0$ . ამ პირობების მიხედვით განისაზღვრება ინტეგრების მუდმივა  $c$ . მაშინ (32) ფორმულა გარდაქმნის შემდეგ მიიღებს სახეს:

$$\Delta n = -\gamma \frac{\Delta v_0}{\sqrt{1+\beta^2}} \sin(\omega t + \arctg \beta) + \gamma \frac{\Delta v_0 \beta}{1+\beta^2} e^{\frac{\omega}{\beta} t}, \quad (33)$$

სადაც

$$\beta = \frac{2\pi I \omega}{k_4}, \quad k_3 = -\frac{2\pi I}{\Delta v_0} - k_1 = 2c_2 \bar{v} + c_3 \bar{n},$$

$$k_4 = 2\pi I k_2 = c_3 \bar{v} + 2c_4 \bar{n} + c_5 \quad \text{და} \quad \gamma = \frac{k_3}{k_4}.$$

(33) ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მისი მეორე წევრი შეგვიძლია უგულებელვყოთ, რის გამო იგი მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\Delta n = -\gamma \frac{\Delta v_0}{\sqrt{1+\beta^2}} \sin(\omega t + \arctg \beta). \quad (34)$$

უინერციო როტორისათვის  $\beta=0$  და ბრუნვათა რიცხვის ნამატი (33) ფორმულის მიხედვით ტოლია:

$$\Delta n' = -\gamma \Delta v_0 \sin \omega t.$$

სიჩქარის ნამატი (პულსაციური სიჩქარე)

$$\Delta v = \Delta v_0 \sin \omega t \quad \text{ან} \quad \Delta v = -\frac{\Delta n'}{\gamma}$$

ე. ი. უბანზე, სადაც ადგილი აქვს სიჩქარის ნამატს, სატარირო მრული შეგვიძლია შევცვალოთ სწორი ხაზის მონაკვეთით ცვლადი კუთხური კოეფიციენტით  $-\frac{1}{\gamma}$ , რომელიც დამოკიდებულია ნაკადის სიჩქარეზე. (34) თანახმად სიჩქარის ათვლილი ნამატი

$$\Delta v_1 = -\frac{\Delta n}{\gamma} = \frac{\Delta v_0}{\sqrt{1+\beta^2}} \sin(\omega t + \arctg \beta), \quad (35)$$

საიდანაც ათვლილი და ქეშმარიტი ნამატების ამპლიტუდურ მნიშვნელობათა შეფარდება ტოლია:

$$\frac{\Delta v_{10}}{\Delta v_0} = \frac{1}{\sqrt{1+\beta^2}}.$$

აბსოლუტური ცდომილება სიჩქარის ჩვენებაში

$$\delta_v = \Delta v - \Delta v_1 = -\frac{\Delta v_0 \beta}{\sqrt{1+\beta^2}} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{1}{\beta}\right),$$

ფარდობითი ცდომილება კი

$$\epsilon_v = \frac{\delta_v}{v} = -\frac{\Delta v_0}{v} \frac{\beta}{\sqrt{1+\beta^2}} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{1}{\beta}\right).$$

დაბოლოს შევაფასოთ ცდომილება პულსაციის საშუალო კვადრატული სიჩქარის  $\sqrt{\sigma^2}$  განსაზღვრისას, უინერციო როტორისათვის

$$\sigma^2 = \frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} (\Delta v_0 \sin \omega t)^2 dt \quad (36)$$

სადაც  $T$  დროა, რომლის მიხედვითაც ხდება გასაშუალებება. (36) ფორმულა იძლევა:

$$\sigma^2 = \frac{\Delta v_0^2}{2} \quad (37)$$

ინერციულა როტორისათვის (35) ფორმულის გათვალისწინებით

$$\sigma^2 = \frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} \left[ \frac{\Delta v_0}{\sqrt{1+\beta^2}} \sin(\omega t + \arctg \beta) \right]^2 dt \quad \text{ან} \quad \sigma^2 = \frac{\Delta v_0^2}{2(1+\beta^2)}. \quad (38)$$

(37) და (38) თანახმად საშუალო კვადრატულ გადახრათა შეფარდება ტოლია:

$$\frac{\sigma}{\sigma'} = \frac{1}{\sqrt{1+\beta^2}}$$

და სიჩქარის საშუალო კვადრატული გადახრის ფარდობითი ცდომილება:

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{\sigma' - \sigma}{\sigma'} = 1 - \frac{1}{\sqrt{1+\beta^2}}.$$

### დასკვნები

1. როტორის ინერციის გავლენა მყისა სიჩქარეთა ჩვენებებზე ნაკადში თავს იჩენს პულსაციის სიჩქარის ამპლიტუდური მნიშვნელობის შემცირებაში და ჰემმარიტ და ათვილ სიჩქარეთა შორის ფაზათა გადაწევაში.

2. პულსაციების ათვილ და ჰემმარიტ სიჩქარეთა ამპლიტუდურ მნიშვნელობათა შეფარდება და ფაზათა სხვაობა მხოლოდ და მხოლოდ უგანზომილო  $\beta$  კომპლექსის ფუნქციას წარმოადგენენ.  $\beta$  თავის მხრივ დამოკიდებულია ტრიალას პარამეტრებზე (როტორის ინერციის მომენტი და  $c_2, c_4, c_5$  კოეფიციენტები) და ნაკადის მახასიათებლებზე (ნაკადის საშუალო სიჩქარე და პულსაციების სიხშირე).

3. სიდიდე  $\beta$  ახასიათებს ხელსაწყოსა და ნაკადის ურთიერთქმედებას; იგი წარმოადგენს აუცილებელ და საკმარის კრიტერიუმს მყისა სიჩქარეთა გაზომვის დროს მიკროტრიალას მუშაობაზე ინერციის გავლენის შეფასებისათვის.

(37) და (38) თანახმად საშუალო კვადრატულ გადახრათა შეფარდება ინერციით გამოწვეულ ცდომილებათა ანალიზური გამოსახულებები საშუალებას იძლევიან დავადგინოთ როტორის ინერციის გავლენის განსაზღვრის მეოთხე მყისი სიჩქარეების გაზომვისას მიკროტრიალას საშუალებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 29.4.1957)

### დაგომწმებული ლიტერატურა

1. ზ. მოდებაძე. წყლის ტურბინის განტოლების შესახებ. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ენერგეტიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. VIII, 1953.
2. М. А. Великанов., Динамика русловых потоков, 1949.
3. М. А. Мостков., Об уравнении гидравлических турбин. Труды ТБИИЖТа, XXIV, 1951.
4. Л. Прандтль., Гидроаэромеханика, 1949.
5. И. М. Сивоконенко., Опоры подвижных систем приборов, 1952.
6. Э. Оуэр., Измерение воздушных потоков, 1935.

მ. სხენიაშვილი

ლეროვანი ფერმების თავისუფალი რხევის უმაღლესი  
 სიხშირეების „შემცვლელი კოჟის“ მეთოდით  
 ბანსაზღვრის საპრობლემური

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრიეშვილმა 11.9.1957)

§ 1. ლეროვანი ფერმების რხევების ამოცანის ამოხსნას დიდი მნიშვნელობა აქვს ხიდეების დინამიკაში. ლეროვანი ფერმების რხევის სურათი დიდი სირთულით ხასიათდება, ვინაიდან რხევის სხვადასხვა ფორმების გარდა, რაც წარმოიქმნება ფერმის როგორც მთელი ლეროს რხევის დროს, ყოველი ლერო დამოუკიდებლად აწარმოებს გრძელ და განივ რხევებს.

დადგენილია, რომ ფერმის რხევის პრაქტიკულად მნიშვნელოვან სახეს წარმოადგენს ფერმის, როგორც მთლიანი ლეროს, ლუნის რხევა [1].

ამ დებულებიდან გამომდინარე, თუ მოვათავსებთ ლეროების მასებს ფერმის კვანძებში, რაც სავსებით მისაღებია ლეროების მცირე წონის გამო კვანძებში მოდებულ დატვირთვებთან შედარებით, მივიღებთ თავისუფლების ხარისხის განსაზღვრული რაოდენობის მქონე სისტემას. იმის გამო, რომ ყოველი კვანძი აწარმოებს როგორც ვირტიკალურ, აგრეთვე ჰორიზონტალურ რხევებს, აღნიშნული შემთხვევისათვის ბრტყელი ფერმის რხევის თავისუფლების ხარისხი განისაზღვრება როგორც სხვაობა ფერმის კვანძების გაორკეცვებულ რაოდენობასა და საყრდენი ლეროების რაოდენობას შორის. დინამიკური წონასწორობის განტოლებების შედგენით მივიღებთ  $n$  განტოლებების სისტემას. მაგრამ ამ სისტემის პრაქტიკულად ამოხსნა შეუძლებელია. ამიტომ დასმული ამოცანის ამოხსნისათვის შემოდებულია სხვადასხვა ცნობილი მიახლოებითი მეთოდები. მათ შორის, კერძოდ, ცნობილია პოლპაუზენის მეთოდი, რომელიც  $n$  ხარისხის დეტერმინანტული განტოლების ამოხსნის თავიდან აცილებით, თანამიმდევრული მიახლოების გზით რხევის სიხშირეების ამოხსნის საშუალებას იძლევა [2]. მაგრამ პოლპაუზენის მეთოდში საჭიროა ვილიოს და კრემონას დიაგრამების აგება. რაც წინასწარ მეტყველებს საბოლოო შედეგში შესაძლებელი საკმაოდ დიდი შეცდომის მიღებაზე.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ლეროვანი ფერმების რხევის ამოცანა შეიძლება კიდევ უფრო გამარტივდეს, თუ უგულებელვყოფთ ფერმის კვანძების ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს, რაც შესაძლებელია უკანასკნელთა სიმცირის გამო ვირტიკალურ გადაადგილებებთან შედარებით. საბოლოოდ მივიღებთ, რომ ფერმის ყოველი კვანძი რხევის დროს მხოლოდ ვირტიკალურ გადაადგილებას აწარმოებს. ამ შემთხვევაში რხევის თავისუფლების ხარისხის ოდენობა  $n$  ტოლი იქნება იმ კვანძების რაოდენობისა, რომლებსაც არა აქვთ ვირტიკალური საყრდენი [1].

ასეთი სისტემების თავისუფალი რხევის სიხშირეების განსაზღვრისათვის ადვილად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ცნობილი მეთოდები, კერძოდ, კ. ზაფარიევის თანამიმდევრულობითი მიახლოების განსზოგადებული მეთოდი [3], ს. ბერნშტეინის სპექტრალური ფუნქციების მეთოდი [4] და სხვა. მხოლოდ აღნიშნუ-



ლი მეთოდების გამოყენების სირთულე იმაშია, რომ საჭიროა აგებულ იქნეს ჩალუნვის გავლენის ხაზები ფერმის ყველა კვანძისათვის. ამის გარდა, გამოთვლების სირთულის გამო, პრაქტიკულად რთული ხდება მეორე და უფრო მაღალი ტონების სიხშირეების განსაზღვრა. ლ. ავამირზიანმა წამოაყენა წესი დეტერმინანტის ვარდამენებისა [5], რაც ამარტივებს  $n$  ხარისხის განტოლების ფესვების ამოხსნის ამოცანის გადაწყვეტას. მაგრამ თუ  $n$  შედარებით დიდია, ეს ხერხიც პრაქტიკულად მიუღებელია. ღეროვანი ფერმების სიხშირეების განსაზღვრის ამოცანის ამოხსნაში ზემოთ ჩამოთვლილი უარყოფითი მხარეების გამო, საინჟინრო პრაქტიკაში ფართო გამოყენება მოიპოვა „შემცვლელი კოჰის“ მეთოდმა [6].

§ 2. „შემცვლელი კოჰის“ მეთოდის შინაარსი იმაში მდგომარეობს, რომ ღეროვან ფერმას ვცვლით მთელკედლიანი კოჰით, რომელსაც აქვს ეკვივალენტური სიხისტი ფერმასთან. ასეთი ეკვივალენტური „შემცვლელი კოჰის“ კეითის ინერციის მომენტი განისაზღვრება ფერმისა და კოჰის რომელიმე წერტილში, ჩვეულებრივად—მალის შუაში, ჩალუნვის თანატოლობის პარობიდან. ამის შემდეგ განისაზღვრება მთელკედლიანი კოჰის რხევის სიხშირეები. „ეკვივალენტური კოჰის“ მეთოდი საკმაოდ მარტივია, მაგრამ ორი არსებითი ნაკლით ხასიათდება. ჯერ-ერთი, როდესაც კვანძებში მოდებულ შეყურსულ ძალებს ვცვლით მალზე თანაბრად განაწილებული ტვირთით, შესაძლებელია დიდი შეცდომა საბოლოო შედეგში, და მეორე—ამ ხერხით შეიძლება რხევის მხოლოდ პირველი სიხშირის განსაზღვრა. ამჟამად იმის გამო, რომ მატარებლების მოძრაობის სიჩქარეები მკვეთრად იზრდება, ხიდების დინამიკაში დიდ ინტერესს წარმოადგენს არა მარტო ძირითადი ტონების განსაზღვრის საკითხი, არამედ ობერტონებისაც. ამიტომ ღეროვანი ფერმების თავისუფალი რხევის უმაღლესი სიხშირეების საკმაოდ მარტივი მეთოდით განსაზღვრის საკითხი დიდ აქტუალობას წარმოადგენს.

რაც შეეხება მიღებულ შეცდომას შეყურსული ძალების თანაბრად განაწილებული ტვირთით შეცვლის შემთხვევაში, ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ცდომილება დიდ თარგლებში იცვლება და დამოკიდებულია ძალების განლაგებაზე მალის შუა ნაწილის მიმართ და ძალების შეფარდებაზე. ამიტომ შეყურსული ძალების შეცვლაში თანაბრად განაწილებული ტვირთით საჭიროა დიდი სიფრთხილე და გამართლებულია მხოლოდ კერძო შემთხვევებში, მათ შორის მ. კ ა ც ი ს მიერ განხილული შემთხვევისათვის [7].

§ 3. ზემოთ ხსენებულიდან ნათელია, რომ რხევის სიხშირეების განსაზღვრისათვის „შემცვლელი კოჰის“ მეთოდით, როგორც წესი, არ არის მიზანშეწონილი შეყურსული ძალების შეცვლა თანაბრად განაწილებული ტვირთით.

თუ მივიღებთ რხევის სიხშირეების განსაზღვრის ჩვეულებრივ გზას, ამოცანის ამოხსნა დაყვანილი იქნება შემდეგ ოპერაციებამდე. ღეროვანი ფერმის მალის შუაში განისაზღვრება ჩალუნვა მოკემული დატვირთვისაგან, შემდეგ ამ ჩალუნვის გატოლებით მთელკედლიანი კოჰის—„შემცვლელი კოჰის“—ჩალუნვასთან მალის შუაში, მიღებული იქნება „შემცვლელი კოჰის“ ეკვივალენტური სიხისტი. შემდეგ ეს კოჰი უნდა დაიტვირთოს შეყურსული ძალებით, მოკემულობის თანახმად, და ცნობილი წესით შედგენილ იქნეს დინამიკური წონასწორობის განტოლებები. ამ განტოლებების სისტემიდან მივიღებთ  $n$  ხარისხის დეტერმინანტულ განტოლებას. უკანასკნელის ამოხსნით მივიღებთ  $n$  ფესვს, რომელიც შეეფარდება რხევის ყველა  $n$  ტონის სიხშირის კვადრატს. მაგრამ თუ გავიხსენებთ, რომ ხიდებში გამოყენებულ ჩვეულებრივ ღეროვან ფერმებს ახა-





იმისათვის, რომ მიღებულ განტოლებათა სისტემაში  $a_i$ -ს ჰქონდეთ არანულოვანი მნიშვნელობები, საჭიროა (7) სისტემის განმსაზღვრელის გატოლება ნულთან, ე. ი.

$$D = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} & \dots \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \dots & \delta_{nn} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix} = 0. \quad (8)$$

(8)-დან ხარისხის ზრდის მიხედვით მთავარი მინორების თანამიმდევრობით გამოყოფით მივიღებთ განტოლებებს რხევის სიხშირეების მიახლოებითი განსაზღვრისათვის.

როდესაც  $n=1$ :

$$D_1 = \delta_{11} = \int_0^l [EI\varphi_1^{IV}(x)\varphi_1(x) - mk^2\varphi_1^2(x)]dx = 0. \quad (9)$$

როდესაც  $n=2$ :

$$D_2 = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{vmatrix} = \delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2 = 0 \quad (10)$$

და ა. შ. . ე. ი. ვლებულობთ პირველი, მეორე, მესამე და ა. შ. ხარისხის განტოლებებს  $K^2$ -ის მიმართ. ამ განტოლებების ამოხსნით თანამიმდევრობით მივიღებთ: ძირითადი სიხშირის პირველი მიახლოების სიდიდეს, მეორე მიახლოების (დაზუსტებული) მნიშვნელობას ძირითადი სიხშირისათვის და პირველ მიახლოებაში პირველ ობერტონს, მესამე მიახლოების (უფრო დაზუსტებული) მნიშვნელობას ძირითადი სიხშირისათვის, მეორე (დაზუსტებული) მნიშვნელობას პირველი ობერტონისათვის და პირველი მიახლოების მნიშვნელობას მეორე ობერტონისათვის და ა. შ. ამ ობერტონების გაგრძელებით თანამიმდევრობითი მიახლოებით დავაზუსტებთ მიღებული სიხშირეების მნიშვნელობებს და განსაზღვრავთ უმაღლესი რიგის სიხშირეებს.

$\delta_{ik}$  მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის (6)-ის მიხედვით საჭიროა (4) მწკრივში  $\varphi_i(x)$ -ის ცოდნა.  $\varphi_i(x)$  ფუნქცია მივიღოთ ღეროს გაღუნული ხაზის განტოლების სახით, როგორც ნაჩვენებია შრომაში [8].

ზემოთ აღნიშნული ეხება კოჭის თავისუფალი რხევის სიხშირეების განსაზღვრის იმ შემთხვევას, როდესაც კოჭი დატვირთულია თანაბრად განაწილებული ტვირთით. შეყურსული ძალების შემთხვევაში სიხშირეების განსაზღვრის წესი იგივე დარჩება, შეიცვლება მხოლოდ  $\delta_{ik}$ -ს გამოსახულება. ამ შემთხვევაში  $\delta_{ik}$ -ს ექნება შემდეგი სახე:

$$\delta_{ik} = \delta_{ki} = \int_0^l EI\varphi_i^{IV}(x)\varphi_k(x)dx - \sum_{j=1}^n M_j k^2 \varphi_i(c_j)\varphi_k(c_j), \quad (11)$$

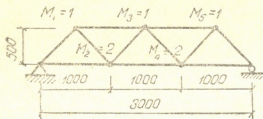
სადაც  $M_j$  შეყურსული მასის მნიშვნელობაა ფიქსირებულ  $c_j$  წერტილში,  $\varphi_i(c_j)$ —ფუნქცია  $\varphi_i(x)$ -ის მნიშვნელობა  $c_j$  წერტილში.

აღსანიშნავია, რომ აღწერილი მეთოდი ინარჩუნებს ყველა უპირატესობას, რომელიც მოყვანილია შრომაში [9].

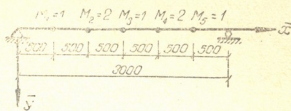
§ 5. აღწერილი მეთოდის საილუსტრაციოდ და მიღებული შედეგების შეფასებისათვის მოვიყვანოთ მაგალითი.

მაგალითი. განსაზღვროთ ფერმის (ფიგ. 1) რხევის პირველი და მეორე სიხშირეები. ეს მაგალითი ამოხსნილია კ. ზავრიევის [3], ს. ბერშტეინის [4] და ლ. აგამირზიანის მიერ [5].

ღეროვან ფერმას ვცვლით მთელკედლიანი კოჭით, რომელსაც აქვს მუდმივი სიხისტე და დატვირთულია ხუთი შეყურსული მასით (ფიგ. 2).



სურ. 1



სურ. 2

„შემცვლელი კოჭის“ სიხისტის  $EI_{3.6}$ . განსაზღვრისათვის გამოვთვალოთ ჩაღუნვა მალის შუაში. საამშენებლო მექანიკის ჩვეულებრივი წესით გამოთვლილი ჩაღუნვა უდრის

$$Y_{3.6} \left( \frac{l}{2} \right) = \frac{145 l^3}{1296 EI_{3.6}};$$

განსახილველი ფერმის მალის შუაში ჩაღუნვა უდრის [3]:

$$Y_{\Phi} \left( \frac{l}{2} \right) = 110, 6 \times 10^{-6} \text{ სმ};$$

ჩაღუნვების გატოლებით მივიღებთ:

$$\frac{EI_{3.6}}{l^3} = \frac{145}{1296 \times 110, 6 \times 10^{-6}} \quad (a)$$

I. განსაზღვროთ თავისუფალი რხევის ძირითადი სიხშირე (9) ფორმულის თანახმად (11)-ის ვათვალისწინებით. ამისათვის (11)-ის მიხედვით გამოვიანგარიშოთ  $m_{11}$ . ფუნქცია  $\varphi_1(x)$  გამოისახება ასე:

$$\varphi_1(x) = a_1 \left( \frac{x}{l} - 2 \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right), \quad (6)$$

სადაც

$$a_1 = \frac{ml^4}{24EI}$$

აქედან

$$\varphi_1^{IV}(x) = \frac{24a_1}{l^4};$$



ჩავსვათ  $\varphi_1(x)$ ,  $\varphi_1^{IV}(x)$ ,  $M_1=M_3=M_5=1$  და  $M_2=M_4=2$ , აგრეთვე მნიშვნელობები  $\varphi_1\left(\frac{1}{6}l\right)=\varphi_1\left(\frac{5}{6}l\right)$ ,  $\varphi_1\left(\frac{1}{3}l\right)=\varphi_1\left(\frac{2}{3}l\right)$  და  $\varphi_1\left(\frac{l}{2}\right)$  ფორმულა (11)-ში, მივიღებთ:

$$\delta_{11} = \frac{24EI}{5l^3} - \frac{743691}{1296^2} k^2. \quad (b)$$

(8)-ის თანახმად, მიღებული მნიშვნელობა  $\delta_{11}$  გავუტოლოთ ნულს. მივიღებთ თავისუფალი რხევის ძირითადი სიხშირის პირველ მაქსიმუმს:

$$k_1^2 = \frac{24 \times 1296^2 EI}{5 \times 743691 l^3} = 10,84 \frac{EI}{l^3}. \quad (r)$$

ჩავსვათ უკანასკნელში  $\frac{EI_{3,6}}{l^3}$  მნიშვნელობა (a)-ს მიხედვით. მივიღებთ:

$$k_1 = \sqrt{\frac{10,84 \times 145 \times 10^6}{1296 \times 110,6}} = 105 \text{ სეკ}^{-1};$$

ქ. ზავრიცვს [3] თანამიმდევრობითი მიახლოების განზოგადებული მეთოდით შესაბამე მიახლოებაში ძირითადი სიხშირისათვის მიღებული აქვს  $k_1 = 106 \text{ სეკ}^{-1}$ . ჩვენი შედეგი თითქმის ზუსტად ემთხვევა უკანასკნელს.

II. განვსაზღვროთ თავისუფალი რხევის მეორე სიხშირე და დავაზუსტოთ რხევის ძირითადი სიხშირის სიდიდე. ფუნქცია  $\varphi_2(x)$  გამოისახება ასე:

$$\varphi_2(x) = a_2 \left( 17 \frac{x}{l} - 28 \frac{x^3}{l^3} + 14 \frac{x^5}{l^5} - 4 \frac{x^7}{l^7} + \frac{x^8}{l^8} \right), \quad (1)$$

სადაც

$$a_2 = \frac{ml^3}{44320 (EI)^2};$$

აქედან

$$\varphi_2^{IV}(x) = \frac{1680a_2}{l^4} \left( \frac{x}{l} - 2 \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right);$$

ჩავსვათ  $\varphi_2^{IV}(x)$ ,  $\varphi_2(x)$ ,  $M_1=M_3=M_5=1$  და  $M_2=M_4=2$ , აგრეთვე მნიშვნელობები  $\varphi_2\left(\frac{1}{6}l\right)=\varphi_2\left(\frac{5}{6}l\right)$ ,  $\varphi_2\left(\frac{1}{3}l\right)=\varphi_2\left(\frac{2}{3}l\right)$ ,  $\varphi_2\left(\frac{l}{2}\right)$ ,  $\varphi_2\left(\frac{1}{6}l\right)=\varphi_2\left(\frac{5}{6}l\right)$ ,  $\varphi_2\left(\frac{1}{3}l\right)=\varphi_2\left(\frac{2}{3}l\right)$  და  $\varphi_2\left(\frac{l}{2}\right)$  ფორმულა (11)-ში. მივიღებთ:

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{248 EI}{3l^3} - \frac{16621328691}{216^4} k^2. \quad (e)$$

ჩავსვათ  $\varphi_2(x)$ ,  $\varphi_2^{IV}(x)$ ,  $M_1=M_3=M_5=1$  და  $M_2=M_4=2$ , აგრეთვე მნიშვნელობები  $\varphi_2\left(\frac{1}{6}l\right)=\varphi_2\left(\frac{5}{6}l\right)$ ,  $\varphi_2\left(\frac{1}{3}l\right)=\varphi_2\left(\frac{2}{3}l\right)$  და  $\varphi_2\left(\frac{l}{2}\right)$  ფორმულა (11)-ში. მივიღებთ:





ბიც ეყრდნობიან (8) დეტერმინანტული განტოლების გარდაქმნებს გამარტივებისაკენ, ამოცანის ამოხსნა თავიდანვე ძალიან დიდ სირთულეს წარმოადგენს.

წამოყენებული მეთოდის უპირატესობა განსაკუთრებით ნათლად გამოიხატება იმ შემთხვევებისათვის, როდესაც საჭიროა განისაზღვროს ჩვეულებრივად მიღებული პრაქტიკაში მრავალპანელიანი ფერმების თავისუფალი რხევის სიხშირეები.

წამოყენებული მეთოდის უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს ის, რომ დიდი სიზუსტით უნდა ჩატარდეს არითმეტიკული გამოთვლები, ვინაიდან (8) ტიპის დეტერმინანტული განტოლების გაშლისას დიდ რიცხვთა სხვაობას ვღებულობთ.

ვ. ი. ლენინის სახელობის რკინიგზის ტრანსპორტის  
ინჟინერთა თბილისის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 11.9.1957)

დაგოწმებული ლიტერატურა

1. С. А. Бернштейн. Основы динамики сооружений, М.—Л., 1941.
2. Ф. Блейх. Теория и расчет железных мостов, Москва, Гострансиздат, 1931
3. К. С. Завриев. Динамика сооружений, Москва, 1946.
4. С. А. Бернштейн. Новый метод определения частот колебаний упругих систем, Москва, 1939.
5. Л. С. Агамирзян. К определению частот свободных колебаний упругих систем с несколькими степенями свободы. Труды ТБИИЖТа, вып. XXII, 1950.
6. К. Гогенемвер и В. Прагер. Динамика сооружений, М.—Л., 1936.
7. М. М. Кац. Собственные колебания балки, несущей равные массы. Сборник «Исследования по теории сооружений», вып. VII, Москва, 1957.
8. Э. А. Сехниашвили. К вопросу определения частот свободных колебаний упругих систем с бесконечным числом степеней свободы, переменной жесткости и произвольно меняющейся массы. Диссертация, ТБИИЖТ, Тбилиси, 1950.
9. ე. სეხნიაშვილი. ცვლადი სიხისტის მქონე ღეროების თავისუფალ რხევათა უმაღლესი სიხშირეების განსაზღვრისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 6, 1950.
10. Б. Г. Галеркин. Стержни и пластинки. Вестник инженера, т. V, вып. № 19, 1915.

## ბ. ტალახაძე

## მიკროელემენტები საქართველოს შავმიწებში

(წარმოადგენს აკადემიკოსმა მ. საბაშვილმა 20.1.1957)

მიუხედავად იმისა, რომ კარგად არის ცნობილი მიკროელემენტების დიდი ფიზიოლოგიური და აგრონომიული მნიშვნელობა, საქართველოს შავმიწები ამ ელემენტების შემცველობის მხრივ მაინც ნაკლებადაა შესწავლილი.

მხოლოდ მეოცე საუკუნეში მიაქციეს ნიადაგმცოდნეებმა და აგროქიმიკოსებმა ყურადღება მიკროელემენტთა შესწავლას. როგორც ცნობილია, ამ ელემენტთა საერთო რაოდენობა ნიადაგში მის მხოლოდ 0,1% შეადგენს [10].

მიკროელემენტების შესწავლას, აგრონომიული საკითხების გარდა ვ. ვ. რ. ნაღდსკის, ა. ფერსმანის, ბ. პოლინოვის, ა. ვინოგრადოვისა და სხვათა მიხედვით მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს გეოქიმიისა და, კერძოდ, ბიოგეოქიმიის თვალსაზრისით, რადგან, როგორც ცნობილია, სწორედ ამ ელემენტების მონაწილეობით მიმდინარეობს სიცოცხლის მგრძობიარე რეაქციები ცხოველთა და მცენარეთა ორგანიზმებში.

მიკროელემენტების მიგრაცია-აკუმულაციის პროცესებზე გავლენას ახდენს ნიადაგწარმოქმნისა და დედამიწის ზედაპირზე მიმდინარე დინამიკური მოვლენები, რის გამოც ერთ შემთხვევაში ამ მცირე, გაბნეულ მდგომარეობაში მყოფი ელემენტების დაგროვება-დამაგრება ხდება ნიადაგის ზედა ფენებში, ხოლო სხვა შემთხვევაში, პირიქით, შემცირება.

ამის გამო ნიადაგში მიკროელემენტების რაოდენობა და ფორმები დამოკიდებულია, ქანის პეტროგრაფიულ შემადგენლობასთან ერთად, ნიადაგწარმოქმნის რთული პროცესების გამონატულებისაგან.

ამ ელემენტთა შესწავლისათვის ჩვენ გამოვიყენეთ ყველაზე მარტივი, მაგრამ ამავე დროს ყველაზე მგრძობიარე სპექტრული ანალიზის მეთოდი.

1 ცხრილში მოყვანილი განსაზღვრის მონაცემები შესრულებულია კავკასიის მიენარლური ნედლეულის ინსტიტუტის სპექტრული ანალიზის ლაბორატორიაში.

სამწუხაროდ, უნდა აღინიშნოს, რომ რიგი მიკროელემენტები — ბორი, სტრონცი, ლითიუმი და სხვა — ამ განსაზღვრაში არ არის მოხვედრილი.

გამოყენებული მეთოდის მიხედვით ამ ანალიზის სიზუსტე მერყეობს 0,01-0,001% ფარგლებში. ანალიზის შედეგების აღნიშვნა „არის“ გამოხატავს ელემენტების რაოდენობას — 0,01% და მეტს, „მცირე“ — 0,01—0,001%, ხოლო „ნატამალი“ და „არა“ გვაჩვენებს, რომ ამ ელემენტებს თუ შეიცავს ნიადაგი, შეიცავს მხოლოდ 0,001% ნაკლები რაოდენობით.

ბორი. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ შთანთქმულ ბორს, მაშინ, როგორც ეს ამ ნიადაგების მინერალოგიური ანალიზის მონაცემებით არის ცნობილი, ბორი ძვემიწებში მხოლოდ რთული სილიკატური ნაერთის — მინერალ ტურმალინის — სახით გვხვდება. ტურმალინის რაოდენობა საერთოდ, მათალია, მცირეა, მაგრამ მას ბარის შავმიწები შედარებით მაინც მეტი რაოდენობით შეიცავენ, ვიდრე მთისა, რაც კარგად ეთანხმება ლიტერატურაში ცნობილ დებულებას (ა. ვინოგრადოვის) ბორის გეოგრაფიული განაწილების კანონზომიერების შესახებ — არიდული ზონის ნიადაგებში ბორი უფრო მეტია, ვიდრე შედარებით ტენიანი ზონის ნიადაგებში. მინერალოგიური ანალიზებით ცნობილია აგრეთვე,



№ ქ.	ნიადაგები, ადგილმდებარეობა	სიღრმე სმ-ით	Mn	Cu	Zn	Co
3	მთის შავმიწა (ახალქალაქი) .	0-10 30-40 90-100	კვალი " "	მცირე " "	არის " კვალი	არაა " "
260	მთის შავმიწა (ბოჯდანოვკა)	0-10 40-50 100-110	მცირე კვალი "	" " "	არის " კვალი	" " "
450	ბარის შავმიწა (შირაქი) . .	0-10 30-40 90-100	არის " "	მცირე კვალი "	არის მცირე კვალი	" " "
514	ბარის შავმიწა (შირაქი) . .	0-10 30-40 90-100	" " "	მცირე კვალი "	არის კვალი არაა	" " "
28	ბარის შავმიწა (ტაფანი) . .	0-10 20-30 95-105	კვალი მცირე კვალი	მცირე " მცირე	მცირე " კვალი	" " "

რომ ბორი ტურმანლის სახით ბარის შავმიწებში თითქმის მთელ ვერტიკალურ პროფილშია განაწილებული და 500-510 სმ-ის სიღრმის ფენაშიც გვხვდება, მთის შავმიწებში კი მხოლოდ ნიადაგის ზედაფენებში

ცნობილია [3, 8], რომ ეწერ ნიადაგებში ბორის შთანქმის ინტენსიობა ბევრად ნაკლებია, ვიდრე შავმიწებში. მოძრავი ფორმის ბორის რაოდენობასა და ნიადაგში გამოტუტვის მოვლენებს შორის პირდაპირ დამოკიდებულებას აღნიშნავენ უკრაინის სსრ ნიადაგების პირობებისათვის პ. ვლასიუკი და ვ. ზიმინა [8]. ამის მიხედვით შეგვიძლია ვიფიქროთ, რომ ჩვენს მთის შავმიწისებრ გამოტუტვილ ნიადაგებში ბორი უფრო ადვილად მოძრავ მდგომარეობაში უნდა იყოს, ვიდრე დანარჩენ შავმიწებში.

საქართველოს ბარის შავმიწებს შორის წყალში ხსნად ბორს ყველაზე მეტი რაოდენობით შავმიწისებრი ბიცობიანი ნიადაგები უნდა შეიცავდეს.

მარგანეცი. ი. სინიაგინის [12] გამოკვლევით, მთისპირის რუხ ნიადაგებში მარგანეცის საერთო რაოდენობა 0,09—0,11%, ღია წაბლა ნიადაგებში — 0,11—0,12%, ხოლო ჰუმუსით მდიდარ მდელოს მუქ და მდელოს ჰაობიან ნიადაგებში 0,07—0,28% ფარგლებში მერყეობს. აქედან ჩანს, რომ ბუნებაში ყოველთვის არა აქვს ადგილი, ნიადაგების ჰუმუსიანობის ზრდასთან ერთად, მარგანეცის მატების იმ კანონზომიერებას, რომელსაც ე. კრუგლოვა აღნიშნავს. ცხადია, რომ საქართველოს შავმიწების სხვადასხვა ქვეტაპებსა და სახესხვაობებში არა მარტო მარგანეცის საერთო რაოდენობა იქნება სხვადასხვა, არამედ მათი ფორმებიც.

მარგანეცის რაოდენობაზე ნიადაგში, როგორც ეტყობა, დიდ გავლენას ახდენს ქანის პეტროგრაფიული შედგენილობა. ამ ნიადაგების მთლიანი ქიმიური ანალიზით ცნობილია, რომ საქართველოს შავმიწები მარგანეცს 0,1—0,5% რაოდენობით შეიცავს; ა. ვინოგრადოვი აღნიშნავს, რომ წიწვიანი ჯიშები მარგანეცს უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავენ, ვიდრე ფოთლიანები, მტკნარი წყლის ორგანიზმები — მცენარე და ცხოველი — უფრო მდიდარი მარგანეცით.



ზ.გ.ს შედგებები

ცხრილი № 1

Mo	Ni	V	Cr	Zr	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Cd	Sn	W
არაა	კვალი	მცირე	მცირე	არაა	არაა	არაა	არაა	არაა	არაა	არაა	არაა	არაა
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	კვალი	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	კვალი	არაა	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	მცირე	მცირე	მცირე	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	კვალი	კვალი	არაა	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	მცირე	მცირე	კვალი	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	კვალი	"	არაა	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	კვალი	მცირე	მცირე	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	არაა	კვალი	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	კვალი	"	არაა	"	"	"	"	"	"	"	"	"

ვიდრე ხმელეთისა. რადგან საქართველოს დებრესიული ზოლის შავმიწებს ტბა-ქაობიანობის სტადია აქვს გავლილი, ხოლო ფერდობების შავმიწებს ფოთლიანი ტყეების, ამიტომ ამ შავმიწებში მარგანეცის სხვადასხვაობა გაპირობებული უნდა იყოს, ერთი მხრივ, განსხვავებულ ქანებზე მათი განვითარებით, ხოლო, მეორე მხრივ, მცენარეთა საფარის განსხვავებული შედგენილობით.

შავმიწებში მოძრავი ფორმის მარგანეცის მცირე რაოდენობაზე, ეწერ ნი-ადამოთან შედარებით, მიუთითებენ პ. ვ ლ ა ს ი უ კ ი და ლ. ლ ე ნ დ ე ს კ ა ი ა [9]. გამოტუტეული შავმიწებში მოძრავი ფორმის მარგანეცი შედარებით უფრო მეტი უნდა იყოს, ვიდრე კარბონატულ შავმიწებში, რადგან გამოტუტეული სუსტი მჟავე რეაქციის ნიადაგში მარგანეცის საკმაო ნაწილი ხაკლებად დაჟანგული-ორვალენტიანი, წყალში ხსნადი, ხოლო კარბონატულ სუსტი ტუტე რეაქციის შავმიწაში კი ძნელად ხსნადი მარგანეცის ჰიდრატის სახით არის გამოლექილი. თუმცა, როგორც ლიტერატურული მონაცემებიდან ჩანს, აღნიშნულ კანონზომიერებას ხშირად არღვევს სხვა პირობები, კერძოდ, ნიადაგის ადსორბციული თვისებები, რის გამოც ძლიერი ადსორბციული თვისებების ნიადაგებში შთანთქმული მარგანეცის რაოდენობა მეტია და ამის გამო ამ მიკროელემენტით მცენარე უფრო უკეთ არის უზრუნველყოფილი, ვიდრე სუსტი ადსორბციული თვისებების მქონე ნიადაგზე. ზემოთქმულის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კოლოიდებით მდიდარი შავმიწები უფრო მეტი რაოდენობით უნდა შეიცავდეს მცენარისათვის მისაწვდომ ფორმაში ამ ნივთიერებას, ვიდრე მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის შავმიწები.

ს პ ი ლ ე ნ ძ ი . ა. ვინოგრადოვის [4] მიხედვით, შავმიწა ნიადაგებში სპილენძის რაოდენობა  $5,10^{-3}\%$  აღწევს, ხოლო ეწერ და ტყის ნაცრისფერ ნიადაგებში  $1,10^{-3}$ — $1,10^{-4}\%$  არ აღემატება. ამრიგად, სპილენძის გადიდებული რაოდენობა ახასიათებს ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგებს. ამასვე აღნიშნავს დ. ი ვ ა ნ . ო ვ ი ც [10].

უკანასკნელის გამოკვლევით ნიადაგში სპილენძის რაოდენობა პირდაპირ დამოკიდებულია ქანის პეტროგრაფიულ შედგენილობასთან. მყავე ქანზე ან მის გამოფიტვის პროდუქტებზე განვითარებული ნიადაგი ყველაზე დარიბია სპილენძით, ხოლო ფუძიან ქანზე წარმოქმნილი ნიადაგი მდიდარია. დანალექ ქანებზე წარმოქმნილი ნიადაგებს სპილენძის შემცველობის მხრივ მეტად დიდი სიჭრელე ახასიათებს. ჩვეულებრივ თიხიანი დანალექი ქანები უფრო მეტად სპილენძს შეიცავს, ვიდრე სილნარი ან თიხნარი დანალექები. ანალოგებით [10] გამოვკვლეულია, რომ კულტურული მცენარეების ნაცარი სპილენძს გაცილებით უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს; ვიდრე ნიადაგი და ქანი.

ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, რომ ნიადაგში სპილენძის რაოდენობა, ერთი მხრივ, დამოკიდებულია ქანის პეტროგრაფიულ შედგენილობისაგან, ხოლო, მეორე მხრივ, კულტივირებული მცენარეებისაგან.

ცხროლი მოყვანილი მონაცემები გვიჩვენებს, რომ საქართველოს შავმიწებში სპილენძის საერთო რაოდენობა, ძირითადად, 0,01—0,001% ფარგლებში მერყეობს. მთის შავმიწებში სპილენძის საერთო რაოდენობა ჩვეულებრივ უფრო მეტია, ვიდრე ბარის შავმიწებში. ეს გარემოება, ალბათ, მთის შავმიწების ზონის ქანების — ანდეზიტის, ანდეზიტ-ბაზალტის — სპილენძის მეტი რაოდენობით შემცველობასთანაა დაკავშირებული. ბარის შავმიწები ზედაფენებში სპილენძს უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე ქვედაფენებში. სპილენძის ასეთნაირი განაწილება ნიადაგის ვერტიკალურ პროფილში, ზედაფენაში ამ ელემენტის ბიოლოგიური დაგროვების შედეგია.

ამრიგად, სპილენძის განაწილების მრუდი ნიადაგის პროფილში, ჰორიზონტების მიხედვით, ამ ნიადაგებში ჰუმუსის განაწილების მრუდის ანალოგიურია.

ლიტერატურაში [10] ცნობილია, რომ მდელო-ველის ნიადაგები სპილენძს უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე ტყე-ველის, რადგან პირველში ბიოლოგიური პროცესები უფრო ინტენსიურადაა გამოხატული და ამავე დროს ხსნარის დაღმა მოძრაობა უფრო შესუსტებულია, ვიდრე ტყე-ველის (ტყის ნაცრისფერ) ნიადაგებში. ამის მიხედვით ცხადია, რომ საქართველოს ტიპობრივ შავმიწებში, როგორც ძლიერი ბიოლოგიური აქტიობისა და ხსნარის დაღმა მოძრაობის შედარებით შეზღუდული გამოხატულების ნიადაგებში, სპილენძი უფრო მეტი რაოდენობით უნდა იყოს, ვიდრე შავმიწისებრ და, კერძოდ, გამოტუტვილ შავმიწისებრ ნიადაგებში.

ი. ანტიპოვ-კარატაევი [1, 2] გამოკვლევით, სპილენძის მოძრაობის ფორმებსა და მის მთლიან რაოდენობას შორის პირდაპირი კორელაცია არ არსებობს. პირიქით, ჰუმუსით მდიდარ სპილენძის საკმაო რაოდენობის შემცველ ნიადაგებში მოძრაობის ფორმის სპილენძი მცირე რაოდენობით მოიპოვება. დამტკიცებულია [1, 2], რომ ორვალენტური სპილენძი შავმიწაში შეუქცევად შთანთქმას განიცდის და ეს შთანთქმა მით უფრო ენერგიულია, რაც უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს ნიადაგი ჰუმუსს. ამავე დროს გამოვკვლეულია (ჰალსმანი, გავენი), რომ სპილენძი მეტად მტკიცე ნაერთებს ქმნის მჟაუნმჟავა, ლიმონისმჟავა, ქარვისმჟავა, ჰუმინისმჟავა და სხვა ორგანულ ნაერთებთან. სპილენძის მტკიცე ფორმის აღსორციელებელი ნაერთების წარმოქმნას აგრეთვე ხელს უწყობს მონთომორილონიტის ტიპის თიხამინერალები. რადგან შავმიწები არა მარტო ჰუმუსის მჟავებს შეიცავს დიდი რაოდენობით, არამედ მჟაუნმჟავას [13], სხვა ორგანულ მჟავებს და ბეიდელიტის ტიპის თიხამინერალებს, ამიტომ ამ ნიადაგებში სპილენძი, ცხადია, ქემოსორბციული ფორმის ენერგიულ შთანთქმას განიცდის.

აღნიშნულის მიხედვით საქართველოს შავმიწებს შორის შესათვისებელი ფორმის სპილენძის რაოდენობა ყველაზე ნაკლები უნდა იყოს ძლიერჰუმუსიანი

თიხიან, ბეიდელიტით მდიდარ შავმიწებში, ხოლო შედარებით მეტი რაოდენობით — მცირეჭუმუსიან, არამძიმე მექანიკური შედგენილობის შავმიწებში.

ქრომი, ვანადიუმი და ნიკელი. ლიტერატურაში [4, 7] აღნიშნულია, რომ ამ მიკროელემენტებს შედარებით მეტი რაოდენობით შეიცავს ფუძე, ულტრაფუძე ქანები და მათზე წარმოქმნილი ნიადაგები. ამავე დროს ისიც ცნობილია, რომ ამ ელემენტების მეტი რაოდენობით შემცველ ნიადაგებზე განვითარებულ მცენარეებს ქრომის, ვანადიუმისა და ნიკელის გადიდებული რაოდენობა ახასიათებს.

ავიზორადოვისა და გ. ბერგმანის [7] გამოკვლევით, ჩვეულებრივ შავმიწის სახნავ ფენაში ქრომის რაოდენობა  $4.10^{-2}$  —  $6.3.10^{-2}\%$  ფარგლებში მერყეობს, ქვედა ფენებში კი შესამჩნევად მცირდება და 80—88 სმ-ის სიღრმის ფენაში მხოლოდ  $2.2.10^{-2}\%$  უდრის. აზოვის ზღვის სანაპიროს შავმიწები კიდევ უფრო ნაკლები რაოდენობით შეიცავს ამ ელემენტს, თუმცა აქაც პროფილში მის განაწილებას იგივე კანონზომიერება ემჩნევა — ჰუმუსიან ფენაში ქრომი მეტი რაოდენობითაა, სიღრმისაკენ კი მცირდება. ვანადიუმის განაწილება როგორც ჩვეულებრივ, აგრეთვე აზოვის ზღვისპირა შავმიწის ვერტიკალურ პროფილში შებრუნებული სახისაა — სახნავ ფენაში მცირეა ( $1.5.10^{-2}\%$ ), ქვედა ფენებში მეტი ( $9.1.10^{-2}\%$ ).

ანდეზიტსა და ანდეზიტ-ბაზალტზე განვითარებულ მთის შავმიწებს ბარის დანალექ ქანებზე წარმოქმნილ შავმიწებთან შედარებით ქრომის უფრო მეტი რაოდენობა ახასიათებს. პირველ შემთხვევაში ქრომის შემცველობა, ანალიზის პონაცემებით, 0,01—0,001% ფარგლებში მერყეობს, ხოლო მეორე შემთხვევაში — 0,001 და  $< 0,001\%$  ფარგლებში. ქრომი ნიადაგის ვერტიკალურ პროფილში განაწილების მხრივ ჰუმუსიან ფენაში დაგროვების ტენდენციით ხასიათდება.

ვანადიუმის შემცველობის მხრივ მთისა და ბარის შავმიწები არსებითად ერთმანეთისაგან არ განსხვავდება და ამავე დროს, ზემოთ აღნიშნული [7] კანონზომიერების წინააღმდეგ, ვანადიუმს შავმიწების პროფილში ან ზანაბარი განაწილება ახასიათებს, ან, პირიქით, ზედაფენებისაკენ მატების ტენდენცია.

ნიკელის რაოდენობა მთის შავმიწებში 0,001%-ს უდრის, ხოლო ბარისაში — 0,01 — 0,001 და  $< 0,001\%$ ; ბარის შავმიწები ამ ელემენტს ზედაფენაში რამდენიმედ უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე ქვედა ფენებში, მთის შავმიწებში კი ის მთელ ვერტიკალურ პროფილში თანაბრად ნაწილდება.

თუთია, კობალტი და მოლიბდენი. ი. პეივე [11], პ. ვლასიუკი და ვ. ზომირა [8] და სხვ. აღნიშნავენ, რომ როგორც ნიადაგები, აგრეთვე ორგანიზმები თუთიას უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავენ, ვიდრე სპილენძს, რაც ჩვენი მონაცემებითაც დასტურდება.

ცხრილის მიხედვით, კობალტის რაოდენობა აღინიშნება „არა“-თი, რაც ნიშნავს, რომ ამ ელემენტს ეს ნიადაგები თუ შეიცავს, შეიცავს მხოლოდ  $< 0,001\%$  რაოდენობით. ამ ელემენტის ნაკლებობა, ალბათ, ქანში მის უმნიშვნელო რაოდენობით შემცველობასთანაა დაკავშირებული. ი. პეივეს [11] მიხედვით, კობალტს ყველაზე მეტი რაოდენობით შავმიწები შეიცავს. საქართველოს შავმიწებში კი ამ მიკროელემენტის რაოდენობა, როგორც ავღნიშნეთ,  $< 0,001\%$  არ აღემატება.

მოლიბდენს, რომლის აგროფიზიოლოგიურ მნიშვნელობას ამ ბოლო დროს დიდი ყურადღება ექცევა, საქართველოს შავმიწები მხოლოდ  $< 0,001\%$  რაოდენობით შეიცავს.

ავიზორადოვის მიხედვით [6], რუსეთის შავმიწებში მოლიბდენის რაოდენობა  $4.10^{-4}\%$  აღწევს. მისივე გამოკვლევით, ამ ელემენტს ინტენსიური დაგროვება ემჩნევა პარკოსანი მცენარეებით დაკავებულ ნიადაგებზე. ჩვენი

მთის შევსიწების მცენარეულ საფარში პარკოსანი მცენარეების ფართო მონაწილეობის მიუხედავად, მოლიბდენის რაოდენობა მაინც მცირეა და ბარის შევსიწებისაგან არსებითად არ განსხვავდება.

ცნობილია, რომ მოლიბდენიან ნერთებს შედარებით მეტი რაოდენობით შეიცავს მჭკვე, მაგური ქანები. რადგან საქართველოს შევსიწები და, კერძოდ, მთის შევსიწები ამ მიკროელემენტით ღარიბ საშუალო ქანებზეა წარმოქმნილი, ალბათ, ამიტომ ამ ნიადაგებშიც მოლიბდენის რაოდენობა მცირეა.

ცხრილში მოყვანილი ყველა დანარჩენი მიკროელემენტის — ცირკონის, ტყვიის, კალის, ვერცხლის, ვოლფრამის და სხვა — რაოდენობა ნადავში მათი შემცველობის შემთხვევაში  $< 0,001\%$  არ აღემატება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიო-

რაციის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 24.2.1957)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Н. Антипов-Каратаев. О подвижности меди в почвах. Почвоведение, № 1, 1947
2. И. Н. Антипов-Каратаев. Учение о почве как полидисперсной системы и его развитие в СССР за 25 лет (1917—1942 г.). Почвоведение, № 6, 1943.
3. Е. В. Бобко и А. В. Панова. О поглощении бора в почвах. Почвоведение, № 12, 1940.
4. А. П. Виноградов. Содержание меди в различных почвах. Доклад АН СССР, Нов. серия № 9, т. 27, 1940.
5. А. П. Виноградов. Биогеохимические провинции. Труды юбилейной сессии, посвященной столетию сто дня рождения В. В. Докучаева Изд. АН СССР, 1949.
6. А. П. Виноградов. К химическому познанию биосферы. Почвоведение № 7, 1945.
7. А. П. Виноградов Г. Г. Бергман. Хром и ванадий в почвах Союза. Почвоведение, № 10, 1947.
8. П. А. Власюк и В. А. Зимина. Содержание подвижных форм микроэлементов цинка и бора в почвах УССР. Почвоведение, № 5, 1954.
9. П. А. Власюк и Л. Д. Ленденская. Содержание подвижных форм микроэлемента марганца в почвенных разновидностях Украинской ССР. Почвоведение, № 6, 1950.
10. Д. И. Иванов. Распространение меди в почвах и роль медных удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Труды почвен. Института им. В. В. Докучаева, т. XXXIV. Изд. АН СССР, 1950.
11. Я. П. Пейвс. Микроэлементы в сельском хозяйстве нечерноземной полосы СССР, Изд. АН СССР. 1954.
12. И. Н. Синягин. Микроэлементы в почвах сероземной зоны. Проблемы Советского почвоведения. Сборн. 14, 1941.
13. Е. А. Ярилова. Минералогический состав чернозема Каменной степи и влияние на него искусственного лесонасаждения и травопольных севооборотов. Вопросы травопольной системы земледелия, т. II, Изд. АН СССР, 1953.

ზოოლოგია

## მ. სტრალკოვსკი

**ზუთხის ლარვების ძველასა და ეკოლოგიაში  
 სინათლის გავლენის შესახებ**

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ლ. დავითაშვილმა 24.4.1957)

ჩვენს ქვეყანაში ზუთხისებრი თევზების აღსადგენად ჩასატარებელი ღონისძიებები, კერძოდ, მათი ხელოვნური მოშენების ამოცანა, ამ თევზების ემბრიონული და პოსტემბრიონული განვითარების ყოველმხრივ შესწავლას მოითხოვდა. ამ შესწავლამ უკანასკნელი ათეული წლების განმავლობაში საკმაოდ წაიწია წინ. მართალია, ამ მიმართულებით მოპოვებული წარმატება უფრო მეტად განვითარების მორფოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ მხარეს ეხება, განვითარების ეკოლოგიის საკითხები კი ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა შესწავლილი. კერძოდ, სამეცნიერო ლიტერატურაში თითქმის მთლიანად არ არის ასახული სინათლის, როგორც გარემოს ფაქტორის, მნიშვნელობა და მისი გავლენა ზუთხისებრი თევზების ლარვების განვითარებასა და ბიოლოგიაზე; გამონაკლისს შეადგენს ჰიბერეტიზოვანი და ზოგადი ცნობები, რომლებიც ეხება სხვადასხვა სახეობის ამა თუ იმ რეაქციას სინათლის მიმართ.

ვ. კ ა ზ ა ნ კ ი ს [2] ცნობით, ვოლგის ტარალანასთვის დამახასიათებელია დადებითი რეაქცია სინათლისადმი. პ. კ უ ლ ი ჩ ე ნ კ ო [3] აღნიშნავს ყუბანის თარათის ლარვების მაღალ მგრძობიარებას სინათლის მიმართ: ხუთი დღე-ღამის ასაკამდე ისინი იჩენენ მკვეთრად დადებით რეაქციას, მაგრამ უფრო გვიან ინდიფერენტული ხდებიან სინათლის მიმართ. ბ. მ ა ტ ვ ე ე ვ ი [4], რომელმაც შეისწავლა ზუთხის განვითარება ვოლგისა და მტკვრის პირობებში, აღნიშნავს, რომ ვოლგისა და მტკვრის ზუთხის ლარვების დამოკიდებულება სინათლისადმი პირდაპირ საწინააღმდეგოა: ვოლგის ზუთხის ლარვები ხასიათდებიან სინათლისადმი დადებითი რეაქციით, ხოლო მტკვრის ზუთხის ლარვები, პირიქით, ყოველთვის უარყოფით რეაქციას იჩენენ სინათლის მიმართ.

წინამდებარე ნაშრომში გაშუქებულია იმ ჩემი გამოკვლევების შედეგები, რომლებსაც 1939 წელს ვაწარმოებდი მტკვრის ზუთხის (*Acipenser guldenstädti*) ლარვების ქცევაზე სინათლის გავლენის შესასწავლად, — კვერცხის გარსებიდან მათი გამოსვლის მომენტიდან ერთი თვის ასაკამდე [5]. გამოკვლევა წარმოებდა მდ. მტკვარზე არსებულ თევზსაშენ სადგურში. მასალად გამოყენებული იყო ლარვები, რომლებიც გამოყვანილი იყო ხელოვნური განაყოფიერებით მიღებული ქვირითიდან. ქვირითი მიღებულ იქნა თანმიმდევრობით შვიდი ქვირითიანი ეგზემპლარიდან. ამიტომ შესაძლებელი გახდა დაკვირვებათა შეიდი სერიის ჩატარება.

ლარვების აღზრდა ხდება სხვადასხვაგვარ პირობებში — საზრდელ ტაშეტებში, დიდ და პატარა ლიტაუნებში, აგრეთვე 25 სმ დიამეტრის მინის ქილებში, რომლებსაც სანახევროდ, ფსკერისა და ზემო ნაწილის ჩართვით, შემოკრული ჰქონდა სქელი შავი ქაღალდი. ამით მიღწეული იყო ჭურჭლის ამ ნახევარში საგრძნობი ჩაბნელება. დაკვირვებები წარმოებდა ერთი თვის განმავლობაში — როგორც დღისით, ისე ღამითაც.



ამ დაკვირვებათა მეოხებით შესაძლებელი გახდა იმის დადგენა, რომ მტკვრის ზუთხის ლარვები, საერთოდ, ხასიათდებიან სინათლისადმი უარყოფითი დამოკიდებულებით. მაგრამ უარყოფითი რეაქცია თავისი გამოვლინების სიძლიერის მიხედვით არ არის ყოველთვის ერთნაირი, არამედ ონთოგენეზის პროცესში განიცდის რიგ ცვლილებებს, ანუ განვითარების ფაზებს. კვერცხის გარსებიდან გამოსვლის მომენტიდან ერთი თვის ასაკის მიღწევამდე არის ზუთი ასეთი ფაზა.

ზუთხის ახალგამოჩეკილი ლარვები ჯერ სულ არ იჩენენ რეაქციას სინათლის მიმართ. ისინი როგორც სიბნელეში, ისე სინათლეზე ერთნაირად განუწყვეტლად ამოცურდებიან ვერტიკალურად, შემდეგ, წყვეტენ რა მოძრაობას, პასიურად ეცემიან ფსკერზე. მათი მოძრაობა ჯერ კიდევ არ არის კოორდინირებული და ხორციელდება მხოლოდ სუსტად განვითარებული ბოლოს საშუალებით, რამდენადაც წყვილი და კენტი ფარფლების ნერგები ჯერ არ არის განვითარებული. თვალები სრულად არ არის განვითარებული და არ შეიცავენ პიგმენტს, რითაც, როგორც ჩანს, ახსნება ის, რომ ლარვები არ იჩენენ მგრძობიანობას სინათლის მიმართ. სინათლისადმი ინდიფერენტული დამოკიდებულების ფაზა გრძელდება პირველი დღე-ღამის განმავლობაში.

მეორე ფაზა დგება სიცოცხლის მეორე დღე-ღამის დასაწყისში, როდესაც ლარვები უკვე იწყებენ შესამჩნევ უარყოფით რეაგირებას სინათლის მიმართ. სიბნელეში ისინი ძლიერ მოძრავნი არიან, განუწყვეტლად ამოცურდებიან ხოლმე წყლის ზედაპირზე და მხოლოდ ერთი წამით ეშვებიან ფსკერზე, მაგრამ შეენებებიან რა მას, ისევ ამოცურდებიან. განათებულ გარემოში ლარვები, პირიქით, ცოტას დაცურავენ და დიდი ხნით უძრავად წვანან ფსკერზე. ამგვარად, სინათლის მოქმედებას ზუთხის ლარვები მოძრაობის აქტივობის შესამჩნევი დაქვეითებით პასუხობენ; სინათლე თითქოს ადაბლავებს მათ, ართმევს მოძრაობის უნარს.

მესამე ფაზა იწყება სიცოცხლის მესამე დღე-ღამეს. ამ სტადიაში ლარვები მორფოლოგიურად შესამჩნევად განვითარებული: მთლიანადაა განვითარებული პიგმენტირებული თვალბუცი, წამოზრდილია მკერდის ფარფლები, საგრძნობლად შემცირებულია ყვითრის პარკი. მოძრაობა სივრცეში კარგად ორიენტირებული ხდება. ამის გამო იცვლება ფოტოტაქსის ხასიათიც. ახლა ლარვები უკვე აქტიურად გაურბიან სინათლეს და განათების შემთხვევაში სწრაფად ინაცვლებენ ადგილს ჩრდილისაკენ. თუ ეს უკანასკნელი ვერ ხერხდება, მაშინ ისინი ეშვებიან ფსკერზე და ქვების ქვეშ იმალებიან. თავშესაფარში რამდენიმე ხნით ყოფნის შემდეგ ლარვები ისევ ამოცურდებიან და მიიმართებიან ჩრდილისაკენ; ხოლო სიბნელეში ისინი დიდ აქტივობას იჩენენ და განუწყვეტლივ დაცურავენ წყლის სისქეში.

მეოთხე ფაზა იწყება მეოთხე დღე-ღამეს და გრძელდება 7 დღე-ღამის ასაკამდე. ამ დროს სიბნელეში ლარვები სულ არ ეშვებიან ფსკერზე და გაცნოველებით დაცურავენ წყლის ზედაპირულ შრეებში. ნაწილობრივი ჩაბნელების პირობებში ლარვები თავს იყრიან იმ ადგილებში, სადაც ჩრდილი უფრო მუქია. განათებულ ზონაში მოხვედრისას ისინი სწრაფად ბრუნდებიან ჩრდილში; მაგრამ თუ ეს ვერ ხერხდება, მაშინ ეცემიან ფსკერზე, სადაც ეძებენ რაიმე საფარს, რომელსაც კიდევაც ამოეფარებიან. ამ ფაზის განმავლობაში ლარვები უკვე აქტიურად გაურბიან სინათლეს, ისინი იჩენენ მკვეთრად უარყოფით დამოკიდებულებას განათების ყოველგვარი ფორმისადმი — როგორც ღამით, ისე დღისითაც.

ბოლოს მეხუთე ფაზა იწყება 7 დღე-ღამის ასაკში და გრძელდება ერთი თვის ასაკამდე (უფრო გვიან დაკვირვებები შეწყვეტილ იქნა). ამ დროს ზუთ-

ხის ლარვები უკვე კარგადაა ჩამოყალიბებული. მათ უკვე გაუვითარდათ მოძრაობის ყველა ორგანო, ყვითრის პარკი ქრება ყვითრის რეზორბციის გამო, მთელი სხეული ძლიერაა პიგმენტირებული, რის გამოც ლარვები სულ შავები მოჩანან. ამ პერიოდში ხდება ლარვების დაშვება ფსკერზე და გარეგანი საკვებით დამოუკიდებელ კვებაზე გადასვლა. სიბნელეში ისინი უკვე არ აღიან წყლის ზედაპირისაკენ და ფსკერთან მდებარე შრებში იმყოფებიან. მოძრაობაში დიდ აქტივობას იჩენენ და ღინების საწინააღმდეგო ორიენტაციას ლეზულობენ. სინათლისადმი რეაქცია თუმცა ძირითადად ისევ უარყოფითი რჩება, მაგრამ ძალიან ძლიერი სინათლეც კი, როგორცაა მზის პირდაპირი სხივები, უკვე ვერ ახდენს ისეთ დამადამბლავებელ ზექმედებას ლარვების ქცევაზე, როგორსაც მდგილი ჰქონდა წინა სტადიების დროს. ვანათების პირობებში ლარვები მხოლოდ ანელეგენ მოძრაობას და უფრო ნელა ეძებენ დაჩრდილულ ადგილს.

სინათლის მიმართ რეაქციის დასუსტება, როგორც ჩანს, დაკავშირებულია ონთოგენეზის პროცესში კანის აგებულების გართულებასთან და მთელი სხეულის პიგმენტაციის ძლიერ განვითარებასთან.

აღზრდის პირობების სხვადასხვაობის მიუხედავად, შვიდივე სერიაში ზუთხის ლარვებმა ონთოგენეზის პროცესში გამოიჩინეს ფოტოტაქსის მიმდინარეობისა და რეაქტიულობის ფაზების ცვლის სავსებით ერთნაირი ხასიათი.

ეს გარემოება გვაფიქრებინებს, რომ ბუნებრივ პირობებშიც ლარვების ქცევა სინათლის მიმართ ანალოგიურია. ამიტომ ჩვენ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ზუთხის ლარვების ცხოვრების ნიორი ღამინდელია და ბინდისა, როდესაც ისინი მაქსიმალურად აქტიური არიან.

ზემონათქვამის შუქზე გასაგები ხდება ლარვული პერიოდის ეკოლოგიის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მომენტის - მდინარიდან ზღვაში ლარვების მოხვედრის ხასიათი. ცნობილია, რომ ზუთხისებრთა ლარვები კვერცხის გარსებიდან გამოსვლისთანავე იწყებენ ჩაცურებას მდინარეში ქვემო მიმართულებით. როგორც ლ. ალიაველინა [1] აღნიშნავს, ვოლგის ზუთხის ლარვები თავისი სიცოცხლის პირველ პერიოდს მდინარე წყლის სიღრმეში ატარებენ და მდინარეს ქვემოთ მიაქვთ ისინი.

მდინარე მტკვარში, მისი სწრაფი ღინების და აგრეთვე ქვირითობის ძირითადი ადგილების ზღვასთან შედარებითი სიახლოვის გამო, ლარვების განუწყვეტელი ჩატანა მდინარიდან შესართავთან მდებარე ზღვის სივრცეში ძალიან ჩქარა მოხდებოდა. ამიტომ ლარვები განვითარების სათანადო ციკლის გავლამდე, ვადაზე ადრე მოხვდებოდნენ ზღვის მარილიან წყალში, რომელიც დამლუპველად მოქმედებს ადრეულ ლარვულ სტადიებზე.

მაგრამ სინამდვილეში ეს ასე არ ხდება სინათლის უარყოფითი მოქმედების გამო. სინათლე მკვეთრად ანელებს ლარვების მოძრაობას, მათი ჩატანა საგრძნობლად ნელდება და უმთავრესად ღამით მიმდინარეობს. დღისით კი ჩატანა პრაქტიკულად არ ხდება, ვინაიდან ლარვები წვანან ფსკერზე, მყუდრო და დაჩრდილულ ადგილებში. მასხადად, ლარვების ჩატანის საერთო მიმდინარეობა ლარვების მასების ტალღისებრი, წყვეტილი მოძრაობის სახით წარმოგვიდგება.

ამგვარად, უარყოფითი ფოტოტაქსისი ჩვენ შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ძლიერ მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური შეგუება, რომელიც აწესრიგებს მდინარიდან ზღვაში ლარვების ჩატანის ხანგრძლივობას იმგვარად, რომ უზრუნველყოფილია მათი ნორმალური განვითარების სრული ციკლის გავლა და ფიზიოლოგიურად შესაფერ დროს გადასვლა მარილიან წყალში.

ზუთხების ხელოვნური მოშენების პრაქტიკაში განსაკუთრებით საჭიროა ფოტოტაქსის ხასიათის გათვალისწინება. ყველა აუზი, სადაც ხდება ზუთხის ლარვების აღზრდა, საჭიროა გულდასმით იქნეს დაჩრდილული; წინააღმდეგ შემთხვევაში ლარვები მიეტანებიან ფსკერს და ჩაიწოვებიან წყლის საწრეტ ბადეში, ეს კი მათ მასობრივ დაღუპვას გამოიწვევს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ზოოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 24.1.1957)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. А. Дьявина. К биологии и систематике осетровых рыб на ранних стадиях развития. Труды Саратов. отд. Касп. фил. ВНИРО т. I, 1951.
2. В. И. Казанский. Биология личинок рыб Нижней Волги. Зоолог. журн. т. V, вып. 1—2, 1925.
3. П. Кулинченко. Экология нереста осетровых рыб. Труды ВНИРО 1936.
4. Б. С. Матвеев. О биологических этапах в постэмбриональном развитии осетровых рыб. Зоолог. журн. т. 32, вып. 2, 1953.
5. В. И. Стрельковский. Развитие осетра. МГУ, 1940.



## ფიზიოლოგია

ა. ბაქურაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრი-კორესპონდენტი) და  
 გ. მაისაია

ქსოვილების ქემორეცეპტორებზე სტრიქნინის  
 გამაღიზიანებელი მოქმედების შესახებ

ამჟამად დადგენილია, რომ ინტერორეცეპტორების გაღიზიანება იძლევა ცხოველის ჩონჩხის კუნთების სამოძრაო რეაქციებს, ცვლილებებს სუნთქვისა და სისხლის მიმოქცევის მხრივ [1, 3, 5, 8, 9]. ეს საკითხი ფართოდ არის შესწავლილი ვ. ჩერნიგოვსკისა და მისი თანამშრომლების მიერ [11].

დადგენილია, რომ უკანა კიდურების ღრმა ქსოვილებში მოთავსებული ქემორეცეპტორების გაღიზიანება სხვადასხვა ნივთიერებებით ( $\text{CO}_2$ , აცეტილქოლინი, ადრენალინი, ნიკოტინის მუავა) [2] ან ზოგიერთი სხვადასხვა ფარმაკოლოგიური ნივთიერებებით (ლობელინი, ეფედრინი, ციტიტონი, სტრიქნინი, კოფეინი, კორდიამინი) იწვევს სუნთქვის ცვლილებას [10]. ან კიდევ გაღიზიანება ერთი უკანა კიდურის ქემორეცეპტორებისა  $\text{CO}_2$ -ით ან ნიკოტინით მოპირდაპირე კიდურის კუნთის შეკუმშვას იწვევს.

ასევე დადგენილია, რომ კუჭის სეროზული გარსის გაღიზიანება ზოგიერთი ნივთიერებით (აცეტილქოლინი, გოგირდმუავა) ან სითბოთი ( $40-50^\circ\text{C}$ ) ცხოველის კრუნჩხვით მოძრაობას იწვევს. იგივე ნივთიერება ლორწოვანიდან ეფექტს არ იძლევა.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ სტრიქნინის შესაბამისი დოზებით შეწოვის შემდეგ იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის აგზნებას, რის გამო რეფლექსურად აღვილად გამოიწვევა ე. წ. ცენტრალური წარმოშობის სტრიქნინული კრუნჩხვები. ცნობილია, რომ სტრიქნინის მოქმედების მთავარი ადგილი არის ზურგის ტვინი, რადგანაც კრუნჩხვა მიღებული იქნა სპინალურ ცხოველშიც.

ზურგის ტვინის დორზალური ზედაპირის განსაზღვრული სეგმენტების აპლიკაცია სტრიქნინისა ფილტრის ქაღალდის პატარა ნაჭერით აძლიერებს რეფლექსს, რაც აღნიშნული სეგმენტიდან გამოიწვევა. რეფლექსის ასეთი გაძლიერება აიხსნება ზურგის ტვინის უკანა და გვერდით რქაში მოთავსებულ შუამდებარე ნეირონის აგზნებადობის მომატებით [12].

სტრიქნინი არ ახდენს გავლენას პერიფერიულ ნერვულ დაბოლოებაზე [7]. მიუხედავად ამისა უკანასკნელ დროს ზოგიერთი მკვლევარი აღნიშნავს, რომ სტრიქნინი გავლენას ახდენს რეცეპტორულ აპარატებზედაც, რამდენადაც ბაყაყის უკანა კიდურების რეცეპტორების გაღიზიანება სტრიქნინით იწვევს სუნთქვის მკვეთრ აგზნებას [10].

ლიტერატურაში არის სხვა არაპირდაპირი მითითებები იმის შესახებ, რომ სტრიქნინი რეცეპტორებზედაც მოქმედებს. თბილისისლიან ცხოველთა ბარძაყის არტერიაში სტრიქნინის შეყვანის შემდეგ დაუყოვნებლივ გამოიწვევა კრუნჩხვა [4]. ეს უკანასკნელი მიიღება აგრეთვე ცხოველის პერიტონეუმის ღრუში სტრიქნინის შეყვანის შედეგად [6].

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ახდენს თუ არა სტრიქნინი გამლიზიანებელ მოქმედებას უკანა კიდურისა და კუჭის ქემორეცეპტორულ აპარატზე და რა ეფექტს იწვევს იგი ჩონჩხის მუსკულატორის, სისხლის წნევისა და სუნთქვის მხრივ.

### მ ე თ ო დ ი კ ა

ცდები ტარდებოდა ბაყაყებზე (*rana ridibunda*) უკანა კიდურების იზოლირებული პერფუზიის მეთოდით. ეს უკანასკნელი ორგანიზმთან დაკავშირებული იყო მხოლოდ ნერვების საშუალებით [2, 10]. პერფუზიისათვის გამოვიყენეთ ოქსიგენირებული რინგერის ხსნარი, რომელიც საჭიროებისდა შესაბამისად შეიცავდა სტრიქნინს (1:100.000—1:1000). ზოგ შემთხვევაში ვიყენებდით 0,5%-იანი ნოვოკაინის ხსნარს. ვაწარმოებდით წინა კიდურის ორთავა კუნთის გრაფიკულ რეგისტრაციას.

ბაყაყის კუჭის რეცეპტორების გალიზიანებას ვიწვევდით კუჭის სეროზულ გარსზე სტრიქნინის ხსნარში დასველებული ფილტრის ქაღალდით (2×2 მმ) ან სტრიქნინის ხსნარის ერთ წვეთს პირდაპირ ვაწვეთებდით სეროზულ გარსზე. ზოგჯერ სტრიქნინის ხსნარი (1:10.000) 0,2—0,3 მლ-ის რაოდენობით შპრიცის საშუალებით კუჭის ღრუში შეგვყავდა. ამასთან ვაწარმოებდით წინა კიდურის ორთავა კუნთის ან უკანა კიდურის ნახევრადმყესოვანი კუნთის გრაფიკულ რეგისტრაციას.

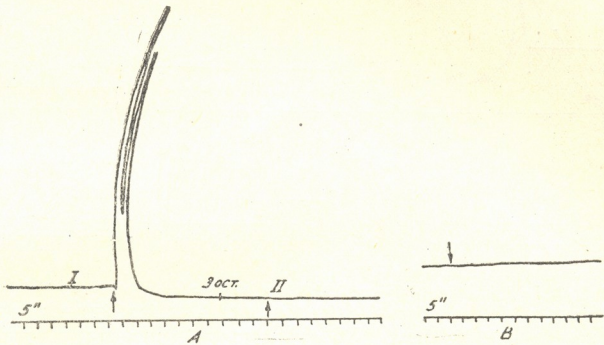
ცდები ტარდებოდა კატებზეც. ვიწვევდით ერთი კიდურის იზოლირებულ პერფუზიას. ეს კიდური ორგანიზმთან დაკავშირებული იყო მხოლოდ საჭდომი და ბარძაყის ნერვების საშუალებით.

პერფუზიისათვის ვიყენებდით ოქსიგენირებული რინგერ-ლოკის ხსნარს, რასაც ვათბობდით 38°C-მდე, საჭირო შემთხვევებშიც იგი სათანადო კონცენტრაციებით შეიცავდა სტრიქნინსაც. წარმოებდა გრაფიკული რეგისტრაციაც სუნთქვის, სისხლისწნევისა და მოპირდაპირე უკანა კიდურის ნახევრადმყესოვან-ი კუნთის შეკუმშვისა.

### ექსპერიმენტული ცდების შედეგები

ბაყაყის უკანა კიდურების იზოლირებულ პერფუზია სტრიქნინის ხსნარით (1:100.000—1:1.000) იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის ძლიერ აგზნებას, რაც გამოიხატება ცხოველის თავის, ტანისა და წინა კიდურების მოძრაობით; წინა კიდურის ორთავა კუნთი კი, რომლის მოძრაობის გრაფიკულ რეგისტრაციასაც ჩვენ ვაწარმოებდით, ამ დროს პასუხობს ძლიერი კრუნჩხვითი ტიპის შეკუმშვით, რაც 5—10 წამს გრძელდება (სურ. 1A). რამდენადაც მაღალია

სტრიქინინის კონცენტრაცია, მით უფრო მეტადაა გამოხატული ეს ეფექტი. პირველი პერფუზიის შემდეგ სტრიქინინის ხსნარით სწრაფად განმეორებული პერფუზია აღარ იწვევს ეფექტს. განმეორებითი პერფუზიის შემთხვევაში დამახასიათებელი ეფექტი შეიძლება გამოვლინდეს მხოლოდ მაშინ, თუ პირველი პერფუზიის შემდეგ ვაწარმოებთ უკანა კიდურების ხანგრძლივ პერფუზიას (გამორეცხვა). წინასწარი ნოვოკაინიზაციის შემდეგ სტრიქინინის ხსნარით უკანა კიდურის პერფუზია აღარ იწვევს სამოძრაო რეაქციას (სურ. 1B).



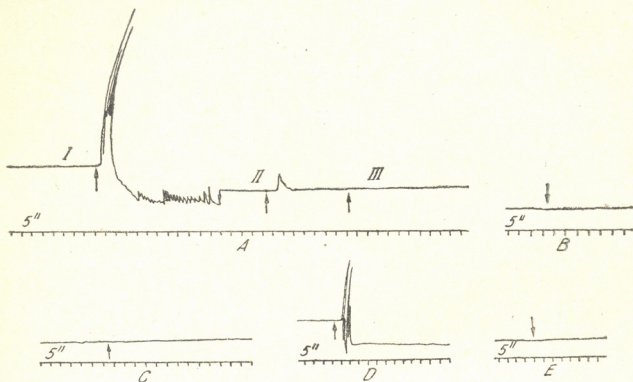
სურ. 1. A—ბაყაყის წინა კიდურის ორთავა კუნთის შეკუმშვა უკანა კიდურების იზოლირებული პერფუზიის დროს აზოტმევა-სტრიქინინის ხსნარით (1:10.000); B—უკანა კიდურის წინასწარი ნოვოკაინიზაციის შემდეგ სტრიქინინი აღარ იწვევს ეფექტს (ისარი—სტრიქინინის შეყვანის მომენტი; ქვემოთ, დრო—5 წამი).

ასეთივე ხასიათის სამოძრაო ეფექტი მიიღება კუჭის სეროზულ გარსზე სტრიქინინის ხსნარში (1:10.000) დასველებული ფილტრის ქაღალდის მოთავსებითაც, ე. ი. ვითარდება ზოგადი მოძრაობითი რეაქცია და კუნთების შეკუმშვა (სურ. 2A). ეს ეფექტი ქრება კუჭის სეროზული გარსის წინასწარი ნოვოკაინიზაციის შემდეგ (სურ. 2-B). სტრიქინინის ხსნარის შეყვანა კუჭის ღრუში რაიმე შესამჩნევ ეფექტს არ იძლევა (სურ. 2 B). გარკვეული ეფექტი შეიძლება შევამჩნიოთ მხოლოდ რამდენიმე წუთის შემდეგ (აღბათ, სტრიქინინის რეზორბციის შედეგად).

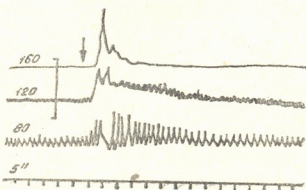
სტრიქინინის ხსნარში დასველებული ფილტრის ქაღალდის მოთავსება კუჭის სეროზულ გარსზე, სამოძრაო ეფექტებს იწვევს ცხოველის დეკაპიტაციის შემდეგაც (სურ. 2-Γ), ხოლო ზურგის ტვინის დანგრევის შემდეგ რამე ეფექტის შემჩნევა არ ხერხდება (სურ. 2 Д).

კატებზე დაყენებულმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ უკანა კიდურის პერფუზია სტრიქინინის ხსნარით იწვევს სუნთქვის აგზნებას, სისხლის წნევის აწევასა და

კიდურთა კუნთების შეკუმშვას (სურ. 3), კერძოდ იგი იწვევს შეკუმშვას მოპირდაპირე კიდურის კუნთებისას, რომელთა მოძრაობის რეგისტრაციასაც ჩვენ ვაწარმოებდით.



სურ. 2. A—სტრიქინინის ხსნარით (1:10,000) კუჭის სეროზული გარსის გაღიზიანების შედეგად გამოწვეული მოძრაობა ბაყყის უკანა კიდურის ნახევრადმყესოვანი კუნთისა; B—სეროზული გარსის წინაწარი ნოვოკაინიზაციის შემდეგ; C—სტრიქინინის ხსნარის შეყვანა (0,3 მლ) კუჭის ღრუში; D—კუჭის სეროზული გარსის გაღიზიანება დეკაპიტაციისა და II—ზურგის ტვინის დანგრევის შემდეგ (ისარი—სტრიქინინის შეყვანის მიმენტი; ქვემოთ, დრო—5 წამი)



სურ. 3. სტრიქინინის ხსნარით (1:400) მარჯვენა უკანა კიდურის იზოლირებული პერფუზიის გავლენა კატის სუნთქვაზე სისხლის წნევესა და მარცხენა უკანა კიდურის ნახევრადმყესოვანი კუნთის შეკუმშვაზე. ზემოთ—ნახევრადმყესოვანი კუნთის შეკუმშვა; შუაზე—სისხლის წნევა; ქვემოთ—სუნთქვა; დრო—5 წამი

ამგვარად, ჩვენი ცდებით დამტკიცებული იქნა, რომ სტრიქინინს სხეულის ქემორეცეპტორებზე მოქმედებით შეუძლია გამოიწვიოს რეფლექსური რეაქციები სუნთქვის, სისხლის მოძრაობისა და ჩონჩხის მუსკულატურის მხრივ.

### დასკვნები

1. სტრიქინინი აღიზიანებს ბაყაყის უკანა კიდურისა და კუჭის სეროზული გარსის ქემორეცეპტორებს, იგი იძლევა ზოგად მოძრაობით აგზნებასა და ჩონჩხის კუნთების საკმაოდ ხანგრძლივ კრუნჩხვითი ხასიათის შეკუმშვებს;

2. უკანა კიდურებისა და კუჭის სეროზული გარსის წინასწარი ნოვოკაინიზაციის შემდეგ (ნოვოკაინის 0,5%-იანი ხსნარი) სტრიქინინი აღარ იწვევს დამახასიათებელ ეფექტებს;

3. კატის კიდურის იზოლირებული პერფუზია სტრიქინინის ხსნარით (1:25—1:1000) იწვევს ცხოველის ზოგად, მოძრაობითი ხასიათის აგზნებას და ხანგრძლივ, კრუნჩხვითი ხასიათის შეკუმშვას. აღწერილი ეფექტი ქრება უკანა კიდურის წინასწარი ნოვოკაინიზაციის შემდეგ.

უნდა ვივარაუდოთ, რომ სტრიქინინი თავის რეზორბციული მოქმედების შედეგად ორგანიზმის სხვადასხვა სისტემების ფუნქციებში ცვლილებებს იწვევს, არა მარტო ცენტრალურ ნერვულ წარმონაქმნებზე მოქმედებით, არამედ აგრეთვე ქსოვილების ქემორეცეპტორების გაღიზიანებითაც.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.10.1957)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. С. Беритов и А. Н. Бакурадзе. Труды института физиологии им. акад. И. С. Бериташвили АН ГССР, № 5, 126, 1943.
2. А. Н. Бакурадзе и Р. М. Месхрикадзе. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, т. 38, № 10, 1954, стр. 10—13.
3. И. А. Булыгин. К вопросу физиологии интерорецепции. 1, 1952, стр. 39.
4. А. Г. Бухтиаров. О внутриартериальном и внутривенном введении некоторых химических раздражителей. Л., 1949.
5. Л. М. Гедевани. Труды института физиологии им. Бериташвили, т. 4, 1941, стр. 57.
6. С. М. Дионесов. Фармакология и токсикология, в. 1, 1953, стр. 33.
7. Н. П. Кравков. Основы фармакологии, т. 1, 1921.
8. П. Макаров. Журнал exper. биол. и медицины, № 2, 1926, стр. 88.
9. М. С. Могендович. Проблемы советской физиологии. Биол. и фармак. Москва, 1949, стр. 238.
10. В. Р. Маисая. Бюллетень exper. биол. и мед., т. X, № 10, 48, 1955.
11. В. Н. Черниговский, Аферентные системы внутренних органов, Киров, 1943.
12. J. Beritoff. Arch. anat u physiol. 1912, p. 296; pfl. Arch. 151, 1913, p. 171; Fol. Neurebiol. 17, 1913, p. 187.

გ. ზეჟაია

## ჩონჩხის კუნთის ტონური კომპონენტის პესიზმი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 26.6.1937)

უკანასკნელი ათეული წლის განმავლობაში მიკროფიზიოლოგიური გამოკვლევებით გამოირკვა, რომ ხერხემლიანთა ჩონჩხის კუნთები შედგება „ტეტანური“ (სწრაფი) და „ტონური“ (ნელი) კუნთოვანი ბოჭკოებისაგან. ტეტანურ კუნთოვან ბოჭკოებს ანერვიანებს მსხვილი (10—20 $\mu$ ) ნერვული ბოჭკოები, ხოლო ტონურ კუნთოვან ბოჭკოებს წერილი (1—8 $\mu$ ) ნერვული ბოჭკოები [1, 2, 3, 4, 5].

ორი ტიპის კუნთოვანი და ნერვული ბოჭკოების არსებობის დადგენით წამოიჭრა საკითხი, თუ როგორ ვლინდება თვითოეულ მათგანში ის ზოგადი ფიზიოლოგიური კანონზომიერებანი, რომლებიც მთლიან კუნთის, ნერვის ან ნერვ-კუნთოვანი პრეპარატისათვის იყო ცნობილი.

ამ მიზნით, აკად. ივ. ბერიტაშვილის წინადადებით, ჩვენ შევუდექით ოპტიმუმის და პესიზმის მოვლენის [6]. შესწავლას ტეტანურ და ტონურ ნეირომომოტორულ ერთეულებზე.

ე. უ ჯ კ ვ მ ა [1] თანამშრომლებთან ერთად შეისწავლა ეს მოვლენა და იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ტეტანურ ნეირომომოტორულ ერთეულებში ადვილად ვლინდება პესიმალური ეფექტი, ტონურ-ნეირომომოტორულ ერთეულებს კი ეს ეფექტი არ ახასიათებს..

## მეთოდები

ცდები ტარდებოდა ბაყაყზე *Rana ridibunda*. ნერვ-კუნთოვანი პრეპარატი მზადდებოდა შემდეგი კუნთებიდან: კანკის ტყუბი კუნთი, თეძო-წვივის კუნთი, თერძის კუნთი და ნახევრადმყესოვანი კუნთი. პრეპარატი თავსდებოდა სპეციალურ კამერაში, რომელშიც რინგერის ხსნარი (1 იყო ჩასხმული. ნერვული ღეროდან ერთი იზოლირებული მამოძრავებელი ბოჭკოს გამოცალკევება ხდებოდა ბინოკულარული ლუბის ქვეშ ტ ა ს ა კ ის [7] მეთოდიკით. იზოლირებული ნერვული ბოჭკოს გამზობის თავიდან ასაცილებლად, ნერვის დისტალურ ბოლოს იზოლირებულ ბოჭკოსთან ერთად ვათავსებდით კუნთის ზედაპირზე, რომელსაც პერიოდულად ვასხურებდით რინგერის ხსნარს. ასეთ პირობებში პრეპარატი რეაქციის უნარს საათობით ინარჩუნებდა. ნერვის პროქსიმალურ ნაწილს ვათავსებდით გამაღიზიანებელ (უპოლარიზაციო) ვერცხლის ელექტროდებზე; გაღიზიანებას ვაწარმოებდით რელაქსაციური სტიმულატორით.

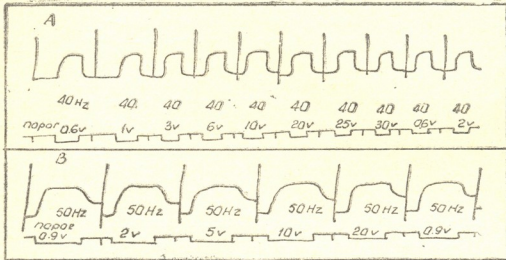
იზოტონურ ან იზომეტრულ რეჟიმში მყოფ კუნთს ვაერთებდით მსუბუქ მიოგრაფთან; რომლის მხრების შეფარდება იყო 1:8 ან 1:10. კუნთის შეკუმშვა ან ძაბვა იწერებოდა კიმოგრაფზე.

პოტენციალები აღირიცხებოდა ბიპოლარული გამოყვანის პირობებში. რეგისტრაციას ვაწარმოებდით შლეიფიან ოსცილოგრაფზე.

(1 რინგერის ხსნარს ვმართობდით შემდეგი შედგენილობისას: 100,0 გამზობილი წყალი, 0,65 NaCl, 0,014 KCl, 0,016 CaCl<sub>2</sub>, 0,02 NaHCO<sub>3</sub>, 0,02 გლუკოზა, 0,1 gummi acaciae.

### ცდების შედეგები

თუ ტიტანურ ნეირომოტორულ ერთეულს გავაღიზიანებთ 40Hr-ის სიხშირის პირობებში ზღურბლოვანი ძალით და შემდეგ კი საგრძნობლად გავზრდით ვალტიანების ძალას, აღმოჩნდება, რომ ტეტანური შეკუმშვის სიმაღლე არ მცირდება, ე. ი. პესიმუმი არ ვითარდება, როგორც ეს თავდაპირველად გ. კატომ [8] გვაჩვენა. სურ. 1-ის A მთავრამაზე მოცემულია კანქის ტყუბი კუნთიდან გამოცალკევებული ტეტანური ნეირომოტორული ერთეულის შეკუმშვები, რომელიც სხვადასხვა ძაბვით (0,6-დან 30 ვოლტამდე) ღიზიანდება. ამ მთავრამაზე ჩანს, რომ ტეტანური ნეირომოტორული ერთეული გამაღიზიანებელი ძალის გაზრდით პესიმალურ მდგომარეობაში არ ვარდება.



სურ. 1. A—კანქის ტყუბი კუნთიდან გამოცალკევებული ტეტანური ნეირომოტორული ერთეულის შეკუმშვები (ზემო მრუდი) მრუდის ქვევით ციფრები აღნიშნავს ვალტიანების სიხშირეს წამში: ქვემო ხაზის დაწვევა ვალტიანების დაწყებას, აწვევა კი ვალტიანების შეწყვეტას ნიშნავს. ქვემო ხაზის თავზე მდებარე ციფრები აღნიშნავს გამაღიზიანებელ დენის ძაბვას; B—თეძო წვივის კუნთიდან გამოცალკევებული ტონური ნეირომოტორული ერთეულის შეკუმშვები. აღნიშვნები იგივეა

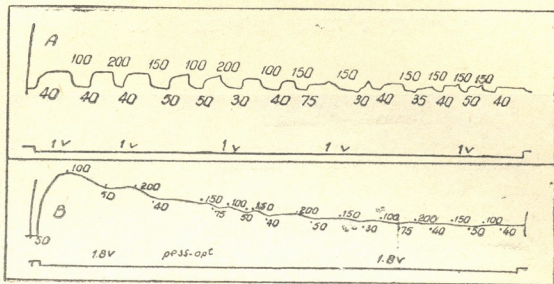
პესიმალური ეფექტი არ მიიღება აგრეთვე ტონურ ნეირომოტორულ ერთეულზე, როდესაც ერთისა და იმავე სიხშირის პირობებში მას ძლიერ დიდი ძალით ვალტიანებთ. ეს კარგად ჩანს სურ. 1-ის B მთავრამაზე, სადაც თეძო-წვივის კუნთიდან გამოცალკევებული ტონური ნეირომოტორული ერთეულის შეკუმშვებია მოცემული. ტონური ნეირომოტორული ერთეულის ვალტიანების ძალის ზრდით (50Hr-ის სიხშირისას, ძაბვის 0,9 ვოლტიდან 20 ვოლტამდე გაზრდით) შეკუმშვის მრუდი არ მცირდება. მაშასადამე, ჩონჩხის კუნთის როგორც ტეტანურ, ისე ტონურ ბოჭკოებში ვალტიანების ძალის მომატებით პესიმუმი არ ვითარდება.

სამაგიეროდ, როგორც ტეტანური, ისე ტონური ნეირომოტორული ერთეულები ადვილად შეიძლება გადავიდნენ პესიმალურ მდგომარეობაში ვალტიანების სიხშირის შეცვლით.

სურ. 2-ის A მთავრამაზე წარმოდგენილია თერძის კუნთიდან გამოცალკევებული ტეტანური ნეირომოტორული ერთეულის შეკუმშვები სხვადასხვა სიხშირის დენით ვალტიანებისას. წამში 30—40—50-ჯერ ვალტიანებისას ოპტიმალური შეკუმშვა ვითარდება, ხოლო 100—150—200-ჯერ ვალტიანებისას —

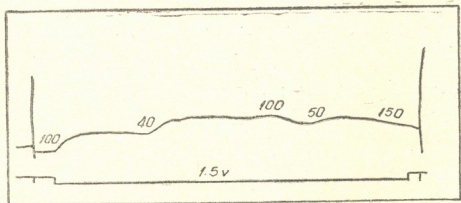
პესიმალური. გალიზიანების ძალა ყველა შემთხვევაში უცვლელია და 1 ვოლტს უდრის.

ტონურ ნეირომოტორულ ერთეულებზე პესიმალური ეფექტების მიღება მხოლოდ იზომეტრული რეჟიმის პირობებში აღმოჩნდა შესაძლებელი, რადგან იზომეტრული შეკუმშვის დროს პესიმალური ეფექტი ტონური შემდეგმოქმედ-



სურ. 2. A—თერძის კუნთიდან გამოცალკეებული ტეტანური ნეირომოტორული ერთეულის ოპტიმალური და პესიმალური შეკუმშვები (ზემა მრუდი). მრუდის ქვევით და ზევით ციფრები აღნიშნავს გალიზიანების სიხშირეს. ქვედა სასიგნალო ხაზზე ციფრები აღნიშნავს გამალიზიანებელ დენის ძაბვას;

B—ნაწევრად მყესოვანი კუნთიდან გამოცალკეებული ტონური ნეირომოტორული ერთეულის ოპტიმალური და პესიმალური ეფექტები. აღნიშვნები იგივეა.

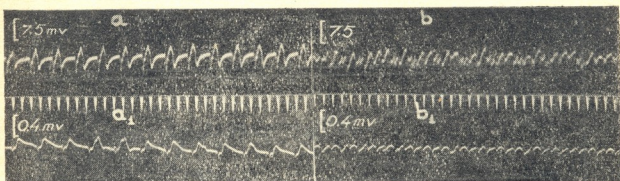


სურ. 3. თეძოწვივის კუნთიდან გამოცალკეებული ტონური ნეირომოტორული ერთეულის პესიმალური და ოპტიმალური ეფექტები. აღნიშვნები იგივე, რაც წინა სურათზე.

ბით უნდა ინიღბებოდეს. მაგრამ იზომეტრული რეჟიმის დროსაც, როგორც ეს სურ. 2-ის B მიოგრამიდან ჩანს, პესიმალური ეფექტი ისე მკვეთრად არ არის გამოხატული, როგორც ტეტანურ ნეირომოტორულ ერთეულებზე. ამასთან ერთად მცირე სიხშირის (30—40—50—75Hz-ის) გალიზიანების შეცვლა მაღალი სიხშირის (100—150—200Hz-ის) გალიზიანებით, მართალია, მცირეოდენი ფარული პერიოდის შედეგად, მაგრამ მაინც შესამჩნევად ამცირებს ტონური ნეირომოტორული ერთეულის შეკუმშვას (სურ. 2-ის B მიოგრამაზე წერტილებით აღნიშნულია გალიზიანებათა სიხშირის შეცვლის მომენტები).



პესიმიუმ-ოპტიმიუმის ფენომენი ტონურ ნეირომოდოტორულ ერთეულში შეიძლება, თუ პესიმალური სიხშირის გაღიზიანებას ოპტიმალური სიხშირის გაღიზიანებით შევცვლით. ეს კარგად ჩანს სურ. 3-ზე, სადაც პესიმალური სიხშირის (100 Hz) გაღიზიანებით გამოწვეულ შეკუმშვის ფონზე ოპტიმალური სიხშირით (40 Hz) გაღიზიანება შეკუმშვის თვალსაჩინო მომატებას გვაძლევს. მრუდის მკვეთრად აწევა იმას მოწმობს, რომ 100 Hz-ის სიხშირის გაღიზიანებისას ტონური ნეირომოდოტორული ერთეული პესიმალურ მდგომარეობაში იმყოფებოდა.



სურ. 4. a—ოსცილოგრამა. კანკის ტყუბი კუნთიდან გამოვალკვევებული ტეტანური ნეირომოდოტორული ერთეულის 50 Hz-ის სიხშირის დენით (1,5 ვოლტის) გაღიზიანებისას მიღებული მოქმედების დენები; b—ოსცილოგრამა იგივე პრეპარატი, გაღიზიანების სიხშირე 100 Hz, ძაბვა იგივე; a<sub>1</sub>—ოსცილოგრამა თქმ-წვივის კუნთიდან გამოვალკვევებული ტონური ნეირომოდოტორული ერთეულის მოქმედების დენები 50 Hz-ის სიხშირის დენით (ძაბვა 2 ვოლტი) გაღიზიანებისას; b<sub>1</sub>—ოსცილოგრამა იგივე პრეპარატი. გაღიზიანების სიხშირე 100 Hz. ძაბვა 2 ვოლტი

ჩვენი მიოგრაფიული დაკვირვებების შედეგები ოსცილოგრაფიული გამოკვლევებით დასტურდება. ტეტანური და ტონური ნეირომოდოტორული ერთეულების არაპირდაპირი გაღიზიანებისას 50 Hz-ის სიხშირის შეცვლა 100 Hz-ის სიხშირის გაღიზიანებით, მოქმედების დენების ამპლიტუდას ამცირებს. ტეტანური ნეირომოდოტორული ერთეულის (სურ. 4) 50 Hz-ის სიხშირის დენით გაღიზიანება (a ოსცილოგრამა) ორფაზიანი მალალი ამპლიტუდის დენებს გვაძლევს, 100 Hz-ის სიხშირის დროს (b ოსცილოგრამა) კი მოქმედების დენების პირველი (უარყოფითი) მუხლი მცირდება. მეორე (დადებითი) მუხლი კი მთლიანად ისპობა. ტონური ნეირომოდოტორული ერთეულის (სურ. 4) 50 Hz-ის სიხშირის დენით გაღიზიანებისას (a<sub>1</sub> ოსცილოგრამა) მიღებული ერთფაზიანი მოქმედების დენები 100 Hz-ის სიხშირის დენის გაღიზიანებით შევცვლისას ძლიერ მცირდება (b<sub>1</sub> ოსცილოგრამა), რაც ერთხელ კიდევ ადასტურებს იმას, რომ პესიმალური მოვლენა კუნთოვანი სისტემის ტონურ აპარატშიც ვითარდება.

### დასკვნები

1. გაღიზიანების ძალის მომატებით ტეტანურ და ტონურ ნეირომოდოტორულ ერთეულებში პესიმალური ეფექტები არ მიიღება.

2. გაღიზიანების სიხშირის მომატება როგორც ტეტანურ, ისე ტონურ ნეირომოდოტორულ ერთეულებში, იწვევს პესიმალურ, ეფექტს; ტეტანურ ნეირომო-

ტონურ ერთეულეებში ნათლად და ადვილად, ხოლო ტონურ ნეირომოტორულ ერთეულეებში ძნელად და ნაკლებად გამოხატულს, რაც ტონური შემდეგმოკმედეგებით უნდა აიხსნას.

3. ტონურ ნეირომოტორულ ერთეულეებში პესიმალური მოვლენა მხოლოდ იზომეტრიული რეჟიმის პირობებში მკლავდება.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ივ. ბერიტაშვილის სახელობის

ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 8.7.1957)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. E. K. Жуков. Исследование о тонусе скелетных мышц. Медгиз, М., 1956.
2. I. Tasaki. The motor nerve fibre which sets up slow muscular contraction. Joken-hansha 5.1.1942.
3. S. W. Kuffler. Contactures at the nerve-muscle junction: tse slow muscle fibre system. Am. J. phys. Medicine 34, 1, 1955.
4. P. Krüger. Tetanus und Tonus der Quergestreiften Skelettmuskeln der Wirbeltiere und des Menschen. Akad. Verlag, Leipzig, 1952.
5. G. Bourguignon. Triple contraction et triple chronaxie du muscle strie.— Différences histologiques et chimiques entre les faisceaux de chronaxie différent. Revue Neurologie 79, № 8, 567, 1947.
6. Н. Е. Введенский. О соотношениях между раздражением и возбуждением при тетанусе. Избр. произв., часть I, Изд. АН СССР, 1950.
7. I. Tasaki. The strength-duration relation of the normal, polarized and narcotized nerve fiber. Am. J. Physiol. 125, 367, 1939.
8. G. Kato. The microphysiology of nerve. Tokyo, 1934.

მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრება

ნ. ჯივლაძე, ე. კილუჩაძე და ბ. ბუაჩიძე

**სისხლის სისტემის ცვლილებები ნაწლავთა  
 ბაუზალოზის დროს**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 13.4.1957)

სისხლის სისტემის ცვლილებები ნაწლავთა გაუვალობის დროს ნაკლებად შესწავლილ საკითხს წარმოადგენს. არსებული ჩვენთვის ხელმოსაწვდომი მცირერიცხოვანი შრომები უმთავრესად პერიფერიული სისხლის ცვლილებებს შეეხება. ზოგიერთი მათგანი კმაყოფილდება სისხლის მხოლოდ ცალკეული კომპონენტების — ჰემოგლობინისა და ერითროციტების ან ლეიკოციტების შესწავლით. ძვლის ტვინის უჯრედოვანი შედგენილობის ცვლილებები აღწერილია მხოლოდ ერთ ნაშრომში, რომელიც შესრულებულია ჩვენსავე ინსტიტუტში თ. ყ ვ ა ნ ი ა ს ა და ო. ჭ უ მ ბ უ რ ი ძ ი ს მიერ [1].

სათანადო ლიტერატურის გაცნობით ვრწმუნდებით, რომ სისხლის მორფოლოგიური შედგენილობის ცვლილებებით ხასიათდება წვრილი ნაწლავების გაუვალობა და მსხვილი ნაწლავების „მაღალი“ გაუვალობა. მკვლევართა უმრავლესობის მონაცემებით ამ დაავადებისას სისხლში მატულობს ჰემოგლობინისა და ერითროციტების რაოდენობა, ვითარდება ნეიტროფილური ლეიკოციტოზი, ბირთოვანი ფორმულის მარცხნივ გადახრით ჩხირბირთვიანი და იშვიათად ახალგაზრდა ნეიტროფილების ხარჯზე, ეოზინოპენია ან ანეოზინოფილია, შეფარდებითი ლიმფოპენია და მონოციტოზი. ე. დ. რ. საგრძნობლად ჩქარდება დაავადების მსვლელობაში სისხლის სურათი უფრო მძიმდება, ლეიკოციტოზს ცვლის ლეიკოპენია. პერიტონიტის განვითარებისას მცირდება ერითროციტების რაოდენობა [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

ლ. ლ ე ვ ი ტ ა ს ი, ა. ზ ა ლ კ ი ნ ა და ს. ა ი ზ ე ნ ბ ე რ გ ი [10] მიუთითებენ, რომ ცვლილებები სისხლის სურათში დამახასიათებელია გაუვალობით გამოწვეული ინტოქსიკაციის პერიოდისათვის. ინტოქსიკაციის განვითარებამდე კი სისხლის სურათი უცვლელია.

წინააღმდეგ ზემოთ ჩამოთვლილი მკვლევარებისა, ლ უ კ ა ნ ს ე მ ი ო ნ ო ვ ი [11] აღწერს სისხლში ჰემოგლობინის რაოდენობის შემცირებას. ლეიკოციტოზი, ავტორის დაკვირვებით, შემთხვევათა მხოლოდ ნახევარში ვითარდება. ლ უ კ ა ნ ს ე მ ი ო ნ ო ვ ი, ისევე, როგორც მ. კ ო ვ ა ლ ე ვ ი ჩ ი, მ ო ნ დ ო რ ი, ნ. ს უ რ ი ნ ი და ე. შ ა პ ი რ ო [2, 11, 12], უარყოფს სისხლის სურათის სადიაგნოზო მნიშვნელობას ნაწლავთა გაუვალობის კლინიკაში.

თ. ყვანასა და ო. ჭუმბურიძის დაკვირვებით, გაუვალობის დროს სისხლის სურათის პარალელურად იცვლება ძვლის ტვინის შედგენილობა. დარღვეულია ლეიკო-ერითრობლასტური შეფარდება, ლეიკობლასტური ელემენტების მონატიტების ხარჯზე, რამდენადმე გაახალგაზრდავებულია ნეიტროფილური და ერითრობლასტური რიგის შედგენილობა.

ამ მკვლევარებს საკითხი შესწავლილი აქვთ ექსპერიმენტშიც, 10 ძალზე. მათი დაკვირვებით, გაუვალობის განვითარების პირველი დღეებიდანვე სისხლში მატულობს ჰემოგლობინის, ერითროციტების და ლეიკოციტების რაოდენობა.



დენობა. ლეიკოციტურ ფორმულაში აღინიშნება ნეიტროფილია, უზშირესად მარცხნივ გადახრის გარეშე, ლიმფო-და ეოზინოპენია. მიელოგრამაში დარღვეულია ლეიკო-ერითრობლასტური შეფარდება ლეიკობლასტური ელემენტების. იშვიათად კი ერითრობლასტების მომატების ხარჯზე; შეიცირებულია ერითრობლასტების მომწიფების ინდექსი, უმნიშვნელოდ და არაკანონზომიერად არის შეცვლილი ნეიტროფილების მომწიფება.

ჰემოგლობინისა და ერითროციტების რაოდენობის ზრდაზე ექსპერიმენტული გაუვალობის დროს მიუთითებენ აგრეთვე ვოლი, ბერისი და პფეიფერი [13].

წინააღმდეგ ამ მონაცემებისა, ი. კადროვის [14] დაკვირვებით, ჰემოგლობინი და ერითროციტები სისხლში მცირდება, აღინიშნება ნეიტროფილების ბირთვოვანი ფორმულის მარცხნივ გადახრა მიელოციტებამდე. უნდა აღინიშნოს, რომ ლეიკოციტური ფორმულის განხილვისას მონოციტები ავტორს მოტანა იქნეს მხოლოდ ორ შემთხვევაში. დანარჩენ ოთხ შემთხვევაში, როგორც გაუვალობამდე, ისე შემდეგ, მონოციტები სრულიად არ არის შეტანილი ფორმულაში. უნდა ვიფიქროთ, რომ ლეიკოციტური ფორმულის გამოთვლისას ავტორს სრულიად არამართებულად მონოციტები სხვა სახის უჯრედებთან გაურთიანება.

ი. ანტონოვის [15] დაკვირვებით, ლეიკოციტების რაოდენობა გაუვალობის მეორე დღეს შემცირებულია; ჰემოგლობინისა და ერითროციტების რაოდენობა საწყისი მომატების შემდეგ შემთხვევათა ნახევარში მცირდება.

ჩვენ საკითხი შევისწავლეთ ექსპერიმენტში 10 ძალზე, რომელთაც გამოვწვევით წვრილი ნაწლავის „დაბალი“ გაუვალობა.

ოპერაციას ვატარებდით ეთერის ზოგადი ნარკოზით. მუცლის ღრუს გახსნის შემდეგ ვეძებდით ბრმა ნაწლავს. ბრმა ნაწლავიდან 15—20 სმ დამორებით ორი კვანძით ვთიშავდით წვრილი ნაწლავის 45—60 სმ სიგრძის სეგმენტს, მისი წინასწარი დაცლის შემდეგ შიგთავსისაგან. 4 შემთხვევაში (ძაღვები № № 30, 37, 57 და 194) გადაკვანძვით მაგისტრალური სისხლძარღვები, მათი პირველი დატოტიანების დონეზე — ნაწლავის კედლიდან 5—6 სმ მოშორებით. ეს 4 ცხოველი შედარებით ადრე დაიღუპა — გაუვალობის მეორე-მესამე დღეს. ცხოველებმა, რომელთაც მაგისტრალური სისხლძარღვები არ ჰქონდათ გადაკვანძილი, უფრო დიდხანს იცოცხლეს — 5—6 და 11 დღეც. პერიტონიტი განვითარდა 4 შემთხვევაში (ძაღვები № 57, 63, 75 და 79).

საცდელ ცხოველებს ოპერაციამდე და ოპერაციის შემდეგ ყოველ დღეურად ან დღეგამოშვებით ვუკვლევდით სისხლის შედგენილობას და ნეიტროფილების ფაგოციტურ აქტივობას. ძვლის ტვინის უჯრედოვანი შედგენილობა შესწავლილი გვაქვს 7 ძალზე. ძვლის ტვინის პუნქტატს ვიღებდით თქმის ძვლიდან.

მიღებული შედეგები მოწმობს, რომ ცვლილებები სისხლისა და ძვლის ტვინის შედგენილობაში აღინიშნება ოპერაციის მეორე დღიდანვე.

პერიფერიულ სისხლში შემთხვევათა უმრავლესობაში ძატულობს ჰემოგლობინის (4-დან 34%-ით) და ერითროციტების (5500.500—1.200.000-ით) რაოდენობა. ამასთან ერითროციტების მატება უფრო მეტად აოიან გამოხატული, რის გამოც ფერადობის მაჩვენებელი მცირდება (ცხრ. 1). ჰემოგლობინისა და ერითროციტების შემცირებას ჩვენს მასალაზე ადგილი არ ჰქონია. წითელი სისხლის მაჩვენებლების ასეთი გამოხატული მატებისას პერიფერიულ სისხლში, ძვლის ტვინში საგრძნობლად მცირდება ერითრობლასტების რაოდენობა (ცხრ. № 2). გაუვალობის მე-5 დღიდან ირღვევა ერითრობლასტების მომწიფების პროცესი (ინდექსი მცირდება 0,6—0,4-მდის). გახანგრძლივებულ შემთხვევებ-

ში ცხოველის სიკვდილის წინ ერთობლასტების რაოდენობა ერთეულებამდე დადის პრეპარატში (ძალდი № 79, 195).

ცხრილი 1

ცვლილებები პერიფერიული სისხლის შედგენილობაში ნაწლავთა გაუვალობის დროს (საშუალო მონაცემები)

გამოკვლევის დღე	თებრაცამდე		2	3	4	5	6	8	11
გამოკვლეულ ცხოველთა რაოდენობა	10	9	10	7	4	4	3	2	1
ჰემოგლობინი . . . . .	88	89,5	94,2	96,7	99	93	86	84	73
ერთობლასტები . . . . .	6.009	6.275	6.495	6.857	7.242	6.438	6.410	6.310	4.070
ფერადობის მაჩვენებელი	0.73	0.72	0.74	0.71	0.61	0.72	0.67	0.67	0.91
ლეიკოციტები . . . . .	7.660	7.611	18.020	15.671	15.000	11.350	11.666	15.400	16.300
სფეროციტური ფორმულა									
{ ახალგაზრდა ნეიტ. . . . .			0,1	0,3	0,1	0,1			
{ ჩხირბირთვ. . . . .	1,4	2,1	11,1	12,6	14,4	12,2	9	12	10
{ სეგმენტბირთვ. . . . .	107	159	2000	1984	2160	1385	1050	1848	1630
{ სულ ნეიტროფილებ. . . . .	64,5	61,4	75	71	73,5	68,3	75,8	67,25	70
{ ლიმფოციტები . . . . .	65,9	63,5	86,2	83,9	88	80,6	84,8	79,3	80
{ მონოციტები . . . . .	5.048	4.833	15533	13148	13200	9148	9893	12212	13040
{ ეოზინოფილები . . . . .	22,2	23,9	7,4	8,8	3,4	9,2	7,2	11	13
{ ლიმფოციტები . . . . .	1.701	1.819	1.333	1.379	510	1044	840	1694	2.119
{ მონოციტები . . . . .	7	6,3	5,7	6,5	8	9,6	7,5	8,5	6,5
{ ეოზინოფილები . . . . .	536	480	1.027	1.019	1.200	1.090	875	1.309	1.060
{ ეოზინოფილები . . . . .	4,9	6,3	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	1,2	0,5
{ ეოზინოფილები . . . . .	375	479	127	125	90	68	58	185	81

ცხრილი 2

ცვლილებები ძვლის ტვინის შედგენილობაში ნაწლავთა გაუვალობის დროს (საშუალო მონაცემები)

გამოკვლევის დღე	თებრაცამდე	2	3	5	6	8	10
გამოკვლეულ ცხოველთა რაოდენობა	7	7	4	3	2	2	1
ნეიტროფილური უჯრედები (%) . . . . .	59,8	75,5	74,8	87,1	83,9	88	
ეოზინოფილური უჯრედები (%) . . . . .	6,5	2,4	3,8	3	2,9	2,7	
ერთობლასტური უჯრედები (%) . . . . .	25,3	14,9	12,1	9,3	5,9	1,9	
ლეიკო-ერთობლასტური შეფარდება . . . . .	3,3	6,1	8,6	11,5	18,8	44	
ერთობლასტების მომწიფების ინდექსი . . . . .	0,89	0,91	0,79	0,81	0,63	0,38	
ნეიტროფილების მომწიფების ინდექსი . . . . .	0,21	0,15	0,19	0,56	0,5	0,43	

უჯრედი წარმოადგენს ნეიტროფილურ უჯრედებს და ლეიკოციტებს

ჰემოგლობინისა და ერთობლასტებისა მატება სისხლში, როგორც ჩანს, ნაწილობრივ აიხსნება ერთობლასტების მზა პროდუქციის გამოსვლით ძვლის ტვინიდან პერიფერიაზე.

მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს სისხლის შესქელებასაც. იმავე ცხოველების სისხლის ჰემატოკრიტულმა განსაზღვრამ აჩვენა, რომ სისხლის შესქელება ვითარდება გაუვალობის პირველი დღეებიდანვე და პროგრესულად მატებლობს (ცხრ. 3). სისხლის შესქელების როლი ჰემოგლობინისა და ერთობლასტების ზრდაში განსაკუთრებით ვლინდება გაუვალობის მე-7— მე-8 დღიდან.

ჰემატოკრიტის ცვლილებები ნაწლავთა გაუვალობის დროს

ძალის №	გ ა მ ო კ ვ ლ ე ვ ი ს დ ლ ე								
	ოპერაციამდე	ო პ ე რ ა ც ი ი ს შ ე მ დ ე გ							
		2	3	4	5	6	7	8	10
57	44	46	46						
58	46	48	56	56	56	58			
63	46	46	46	48	50				
75	48	48	48	52	52	54			
79	48	46	48	48	50		58		60
194	48	46	59	50					
195	44	46	48	50	50		52	56	56

ვიმორწმებთ რა მიღებულ შედეგებს, ჩვენ ვერ დავეთანხმებით ი. კადიროვის მტკიცებას იმის შესახებ, რომ სისხლის შესქელებას არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს პოლიგლობულიის განვითარებაში.

ჩვენი აზრით, წითელი სისხლის მაჩვენებლების ზრდა გაუვალობის პირველ დღეებში უპირატესად გამოწვეულია ერითრობლასტების გაძლიერებული მომწიფებითა და მზა პროლუქციის გამოსვლით ძვლის ტვინიდან პერიფერიაზე. მომდევნო დღეებში ერითროპოეზის დედა უჯრედების შევსება არ ხდება ახალი უჯრედებით, არსებული რეზერვი კი უკვე დახარჯულია. ერითროპოეზის ასეთი დაკნინების ფონზე პერიფერიული სისხლის ჰემოგლობინისა და ერითროციტების მაღალი მაჩვენებლები მხოლოდ მოჩვენებითია, გამოწვეული სისხლის შესქელებით. ამაში სათანადო გაანგარიშებით ვრწმუნდებით ჰემოგლობინისა და ერითროციტების მოცემული რაოდენობის გადაანგარიშებით ამავე ცხოველის ჰემატოკრიტის გაუვალობამდე მაჩვენებლებზე. მაგალითად, №195 ძალს გაუვალობის მე-10 დღეს ერითროციტები ჰქონდა 6.670000-ის რაოდენობით, ჰემატოკრიტი — 62. გაუვალობამდე იმავე ცხოველის ჰემატოკრიტის მაჩვენებელი იყო 46. ასეთი მაჩვენებლისას 6.670.000 შეესაბამება 4.948.710-ს. ამავე მე-10 დღეს არსებული 88% ჰემოგლობინი შეესაბამება 65%/-ს. ამ ციფრებს ჰემოგლობინისა და ერითროციტების ოპერაციამდე რაოდენობას თუ შევადარებთ (ჰემოგლობინი 72%, ერითროციტები 5.900.000), დავრწმუნდებით, რომ ჰემოგლობინისა და ერითროციტების რაოდენობამ არათუ არ მოიმატა, არამედ შემცირდა კიდევ. მსგავსია სხვა შემთხვევებიც.

თეთრი სისხლის მხრივ ოპერაციის შემდეგ აღინიშნებოდა ლეიკოციტოზი (16.000-მდე), ნეიტროფილით და ბირთვოვანი ფორმულის მარცხნივ გადახრით ჩხირბირთვიანი ნეიტროფილების ხარჯზე. ახალგაზრდა ნეიტროფილებს პერიფერიულ სისხლში იშვიათად ვხვდებოდით. მიელოციტების გამოსვლას ძვლის ტვინიდან, წინააღმდეგ ი. კადიროვის მონაცემებისა, ჩვენს მასალაზე ადგილი არ ჰქონია. თითქმის ყველა შემთხვევაში სისხლში შემცირდა ეოზინოფილების როგორც პროლუტურული, ისევე აბსოლუტური რაოდენობა, მოიმატა მონოციტების აბსოლუტურმა რაოდენობამ. ლიმფოციტების რაოდენობა შემთხვევათა უმრავლესობაში შემცირდა, სხვა შემთხვევებში კი უცვლელი დარჩა.

აღწერილი ცვლილებების შესატყვისად ძვლის ტვინში აღინიშნებოდა ლეიკო-ერითრობლასტური შეფარდების დარღვევა ლეიკობლასტური ელემენტების მომატების ხარჯზე, ძირითადად ნეიტროფილებისა, და ეოზინოფილური უჯრედების რაოდენობის შემცირება. ნეიტროფილების მომწიფების ინდექსი

დასაწყისში უმნიშვნელოდ და უსისტემოდ იცვლებოდა, გაუვალობის მე-5 დღიდან კი მოიმატა, რაც ნეიტროფილების მომწიფების დარღვევის მაჩვენებელია. ნეიტროფილებისა და ერითრობლასტების მომწიფების პროცესის დარღვევა და უკანასკნელთა რაოდენობის ძლიერი შემცირება მიუთითებს ძვლის ტვინის ფუნქციურ უკმარისობაზე.

ცხოველის სიცოცხლის ტერმინალურ ხანაში აღნიშნულ სურათს ემატება უჩრდელთა დესტრუქციის მოვლენები-ძვლის ტვინის პუნქტატში წაშლილია უჩრდელთა კონტურები, ბირთვები პიკნოზური ან, პირიქით, გაშლილი და გაფერმკრთალებულია, პროტოპლასმა ხშირად ვაკუოლიზებულია. ამის გამო უჩრდელთა დიფერენცირება ცხოველის სიკვდილის წინ ძნელია.

ე. დ. რ. შემთხვევათა უმრავლესობაში არ შეცვლილა, 3 შემთხვევაში აჩქარდა. ე. დ. რ-ის აჩქარება ადვილი ასახსნელია უხეშდისპერსიული ცილების რაოდენობის ზრდით სისხლში, რაზედაც მიუთითებენ ლიტერატურაში [9, 16]. სხვა შემთხვევებში, უნდა ვიფიქროთ, ერითროციტების დალექვა ფერხდება სისხლის შესქელების გამო.

ნეიტროფილების ფაგოციტური აქტივობა ოპერაციის მომდევნო დღეებში შემცირდა, გაუვალობის მე-5, მე-6 დღიდან კი მეტ-ნაკლებად გამოსწორდა.

ცხრილი 4

ნეიტროფილების ფაგოციტური უნარიანობა ნაწლავთა გაუვალობის დროს

ძალის №	გ ა მ ო კ ვ ლ ე ვ ი ს დ ე									
	ოპერაციამდე	ო პ ე რ ა ც ი ი ს შ ე მ დ ე ზ								
		2	3	4	5	6	7	8	10	11
29	94	93	10	10		80	72			
30	36	34	2							
37	56		6							
57	110		13							
58	165		154	140		104				
63	80	75	46	35	106					
75	100	103	30	58	64					
79	120		35	52	56	60	24		19	
194	111	103	66	50						34
195	140	131	80	82			138	125	100	85

ფაგოციტოზის დაკნინება აქტიური მეზენქიმის ფუნქციის დაქვეითების კერძო გამოვლინებას უნდა წარმოადგენდეს, ხოლო შემდგომი გამოსწორება შესაძლებელია გამოწვეულია ვაგო-სიმპათიკური წონასწორობის დარღვევით დაავადების პროცესში და ადრენალური ნივთიერებების უშუალო გავლენით მოფაგოციტურ უჩრდელზე. სამწუხაროდ, ჩვენ არა გვაქვს შესაძლებლობა რაიმე დამაჯერებელი ცნობა მოვიტანოთ გამოთქმული მოსაზრების დასადასტურებლად. არსებულ ხელმისაწვდომ ლიტერატურაში ჩვენ ვერ ვნახეთ ცნობები ნერვული სისტემის ფუნქციონალური მდგომარეობის, ისევე როგორც აქტიური მეზენქიმისა და ფაგოციტოზის ცვლილების შესახებ გაუვალობის დროს.

ამრიგად, მიღებული შედეგები მოწმობს, რომ წვრილი ნაწლავის „დაბალი“ გაუვალობის დროს პერიფერიულ სისხლსა და ძვლის ტვინში ვითარდება გარ-



კვეული ცვლილებები. ამ ცვლილებებს საფუძვლად უდევს, ერთი მხრივ, ძვლის ტეინის სისხლწარმოქმნელი ფუნქციის დარღვევა, ხოლო მეორე მხრივ, სისხლის შესქელება.

სისხლის შესქელება, როგორც ლიტერატურაში მიუთითებენ, ნაწლავის სანათურიდან სითხეების უკუშეწოვის პროცესის დარღვევის გამო ვითარდება. ძვლის ტეინის სისხლწარმოქმნელი ფუნქციის უკმარისობა გამოწვეული უნდა იყოს ზოგადი ინტოქსიკაციით.

რათა დაერწმუნებულიყავით, რომ აღწერილი ცვლილებები გამოწვეულია ინტოქსიკაციით და გამოგვერიცხა ოპერაციული ჩარევისა და ნაწლავის სეგმენტის გამოთიშვის გავლენა, ჩვენ ჩავატარეთ ცდების მეორე სერია.

12 ძალი წვრილი ნაწლავის იმავე სეგმენტის გამოთიშვის შემდეგ აღვუდგინეთ ნაწლავთა გამავლობა, შემოვლოთი ანასტომოზით. ისევე, როგორც ცდების წინა სერიაში, ნაწლავის გამოთიშული ნაწილი წინასწარ დაცილილი იყო შიგთავსისაგან. ამრიგად, ცდების ამ სერიაში ნაწლავის გამავლობა დარღვეული არ ყოფილა; ხდებოდა მხოლოდ ნაწლავის სეგმენტის გამოთიშვა ბრმა პარკის სახით. ასეთ პირობებში არ უნდა განვითარებულყო ინტოქსიკაცია და სისხლის შესქელება.

ოპერაციის შემდეგ 8 ძალი დაიღუპა სხვადასხვა გართულებით: 3 პერიტონიტით (№ 12, 108 და 115), 3—ფილტვების ანთებით (№ № 14, 106 და 107), ერთი—პნევმოპერიტონეუმით (№ 119) და ერთი—კუჭის მწვავე გაგანიერებით (№ 123).

ამ ცხოველებს საგრძნობი ცვლილებები განუვითარდათ სისხლის შედგენილობაში.

პერიტონიტის შემთხვევებში აღინიშნებოდა ჰემოგლობინისა და ერითროციტების მატება, ძლიერი ლეიკოციტოზი, ნეიტროფილით და ბირთვოვანი ფორმულის მარცხნივ გადახრით ჩხირბირთვიანი ნეიტროფილების ხარჯზე, ლიმფოპენია და ნეიტროფილების ფაგოციტური აქტივობის ძლიერი დაკნინება.

მსგავსი ცვლილებები განვითარდა კუჭის მწვავე გაგანიერების შემთხვევაშიც.

ჰემოგლობინისა და ერითროციტების მატება, ნეიტროფილია მარცხნივ გადახრით (ჩხირბირთვიანი ნეიტროფილების ხარჯზე) და ლიმფოპენია ლეიკოციტოზის გარეშე აღენიშნებოდა პნევმოპერიტონეუმით დაღუპულ პალეს ოპერაციის მეორე დღეს.

პნევმონიის შემთხვევაში სისხლში განვითარდა უმნიშვნელო ლეიკოციტოზი ნეიტროფილითა და მონოციტოზით.

სისხლის აღწერილი ცვლილებები მიეწერება ოპერაციის შემდგომ გართულებებს.

დანარჩენმა 4 ძალმა ოპერაცია კარგად გადაიტანა და მოკლულ იქნა ჰისტოპათომორფოლოგიური შესწავლის მიზნით ოპერაციიდან 1—2თვის შემდეგ.

გაკვეთისას აღმოჩნდა, რომ გამოთიშული ნაწლავი დამოკლებული და შექმუხნულია. სხვა ორგანოები დახედვით რაიმე პათოლოგიურ ცვლილებებს არ განიცდიდნენ.

პერიფერიულ სისხლში ოპერაციიდან მე-2, მე-3 დღეს განვითარდა ლეიკოციტოზი ნეიტროფილების, ლიმფოციტების და მონოციტების რაოდენობის ზრდის ხარჯზე. მომდევნო დღეებში ლეიკოციტების რაოდენობა დაუბრუნდა საწყისს, დროებით შემცირდა ლიმფოციტების რიცხვი, ეოზინოფილების რაოდენობა მერყეობდა ნ ორმის ფარგლებში. ორ შემთხვევაში ოპერაციის შემდეგ იმატა ჩხირბირთვიანი ნეიტროფილების რაოდენობამ.



ცხრილი 5

გამოკვლევის დღე	ოპერა- ციამდე	ოპერაციის შემდეგ					
		3	5-6	10-12	16-19	25-34	
ჰემოგლობინი . . . . .	78	77,5	77,5	76	77	77	
ერითროციტები . . . . .	5,885	5,707	5,625	5,725	5,830	5,775	
ფერადობის მაჩვენებელი . . . . .	0,67	0,68	0,69	0,67	0,66	0,67	
ლეიკოციტები . . . . .	7,550	14950	10275	6,800	7,175	5,950	
ლეიკოციტური ფორმულა	ჩხირბირ. ნეიტროფ. . . . .	1,7	6,8	5,5	6,6	4,1	3,6
		12,7	1,017	60,4	449	29,4	21,4
		68,9	75,1	72,4	69,1	65,6	63,2
		70,6	81,9	77,9	75,7	69,7	66,8
		5,330	12244	8 003	5,148	5,001	3,975
		18,9	8,1	10,7	15	19,7	20,6
		1,427	1,211	1,100	816	1,414	1,226
		6,9	8,5	8,9	9,7	7	7,1
		521	1,271	915	659	502	422
		3,6	1,5	2,5	2,6	3,5	5,5
	272	224	257	177	258	327	

ჰემოგლობინისა და ერითროციტების ცვლილებაში რაიმე კანონზომიერება არ აღინიშნებოდა. ერთ შემთხვევაში (№ 186) წითელი სისხლის მაჩვენებლებმა საგრძნობლად მოიმატა (ჰემოგლობინმა 10%-ით, ერითროციტებმა 1.400.000-ით). ამ შემთხვევის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ეს მოხდა ერითროპოეზის შუა პარადუქციის გამოსვლის გამო ძვლის ტვინიდან პერიფერიაზე; სისხლის შესქელება არ განვითარებულა, ძვლის ტვინში კი საგრძნობლად შემცირდა ერითრობლასტების რაოდენობა (40-დან 17%-მდე).

ცხრილი 6

გამოკვლევის დღე	ოპერა- ციამდე	ოპერაციის შემდეგ					
		3	6	12	19	34	47
ნეიტროფილური უჯრედები . . . . .	58,25	75	63,55	54,95	63,25	56,6	61,5
ეოზინოფილური . . . . .	1,8	3,3	3,75	2,4	4	4,4	4,6
ერითრობლასტური . . . . .	33,62	17,6	29,2	36,1	25,3	32,4	26,75
ლეიკო-ერითრობლ. შეფარდება . . . . .	2,04	4,62	2,64	1,8	2,95	2,26	2,82
ერითრობლ. მომწ. ინდექსი . . . . .	0,9	0,76	0,85	0,92	0,89	0,89	0,88
ნეიტროფ. მომწ. ინდექსი . . . . .	0,43	0,35	0,37	0,47	0,35	0,39	0,39

ჰემატოკრიტის მაჩვენებელი დაკვირვების 47 დღის მანძილზე არ შეცვლილა. ძვლის ტვინში ოპერაციიდან მე-3 დღეს აღინიშნებოდა ლეიკო-ერითრობლასტური შეფარდების დარღვევა ნეიტროფილური ელემენტების მომატების სარჯზე და ერითრობლასტური რივის შედგენილობის გაახალგაზრდაება. მომდევნო დღეებში ძვლის ტვინის შედგენილობა აღდგა.

ამრიგად, ცხადია, რომ წერილი ნაწლავის სეგმენტის გამოთიშვისას ნაწლავთა გამავლობის შენარჩუნებით ძვლის ტვინისა და სისხლის შედგენილობა-

ში ვითარდება დროებითი ხასიათის ცვლილებები. ისინი დაკავშირებული უნდა იყოს ოპერაციულ ჩარევასთან და თავისი ხასიათით განსხვავდება ნაწლავთა გაუვალობის დროს განვითარებული ცვლილებებისაგან.

ცხრილი 7

გამოკვლევის დღე	ოპერაციამდე	ოპერაციის შემდეგ					
		3	6	12	19	34	47
ძალი № 186 . . . . .	0,48	0,46	0,48	0,48	0,46	0,46	0,48
ძალი № 187 . . . . .	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,48	0,48

ვარაუდი, რომ ნაწლავთა გაუვალობის დროს სისხლის სისტემაში განვითარებული ძვრები გაუვალობასთან დაკავშირებული ინტოკრიკაციის შედეგია, როგორც ჩანს, მართებულია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნაწლავთა გაუვალობისას სისხლისა და ძვლის ტვინის შედგენილობაში განვითარებული ცვლილებები უხშირესად არ არის ისეთი ღრმა, რომ ცხოველის სიკვდილის მიზეზი გახდეს. ცხოველი იღუპება უფრო ადრე, ვიდრე ძვლის ტვინის სისხლწარმოქმნელი ფუნქციის სრული გამოფიტვა და სისხლის შედგენილობის ღრმა დარღვევები განვითარდებოდეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ექსპერიმენტული და კლინიკურ ქირურგიისა და  
 ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 24.4.1957)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. თ. ჟვანია, ე. ჭუმბურაძე. ძვლის ტვინისა და პერიფერიული სისხლის რეაქცია ნაწლავთა მწვავე გაუვალობის დროს. ექსპ. და კლინიკ. ქირურგიისა და ჰემატოლოგ. ინსტიტუტის შრომები, ტ. 4, 1953, გვ. 35—55.
2. П. Н. Демидова. Картина крови при острой кишечной непроходимости. Вестн. хир., т. 56, № 34 (4). стр. 356—362.
3. მ. კვიციანი, სისხლის სურათის ცვლილება ნაწლავთა მწვავე გაუვალობის დროს. თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტ. შრომები, ტ. 7, 1950, გვ. 119—126.
4. В. Е. Лотис., Острая кишечная непроходимость. Автореферат, М., 1956.
5. П. Н. Маслов., Диагностика и лечение кишечной непроходимости. Минск, 1953.
6. В. М. Пронин., Заворот тонких кишек. Автореферат, Ашхабад, 1956.
7. И. М. Рохкинд., Кишечные узлы. Нов. хир. архив, т. 38, кн: 1—2, 1937.
8. Н. Н. Самарин., Патогенез и лечение острой кишечной непроходимости. Нов. хир. архив, т: 38, кн. 1—2, 1937, стр. 169—173.
9. Н. И. Фурсов и Г. И. Миронова. Белки крови при кишечной непроходимости. Сборник тез. и реф. отчетной научной сессии (1954). Ростов н/Дону, 1955.
10. А. И. Левитас, А. П. Залкина, С. Е. Айзенберг., Биохимические и морфологические изменения крови и их значение в клинике острой кишечной непроходимости. Труды. Укр. НИ инст. перел. крови, т. 3, Харьков, 1955.
11. А. Симеонов., О кишечной непроходимости. Сов. мед., № 8, 1956, стр. 56—58.
12. М. Д. Ковалевич. Острая непроходимость кишечника. Автореф., 1955.
13. M. G. Wohl, Y. C. Burus, G. P f f e i f f e r. High intestinal obstruction in the dog treated with extract of adrenal cortex. Proc. Soc. exper. Biol. a. Med., 36, 1937, 549—551.
14. И. Г. Кадыров., Морфология крови при острой непроходимости кишечника. Сборник науч. трудов Башкирского гос. мед. инст., т. 2, 1939, стр. 179—187.
15. И. И. Антонов., Изменение количества циркулирующей крови при злообразовании в экспериментальных условиях. Автореф., Рига, 1952.
16. П. Сельцовский., Острая кишечная непроходимость (патогенез, причина смерти). М., 1941.

## სიტუაციის სიტუაციაში ფიქსირებული განწყობის თავისებურებანი პრესენილური ფსიქოზის შემთხვევაში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ. ნათაძემ 26.7.1957)

განწყობა შეიძლება აღმოცენდეს როგორც აქტუალური სიტუაციის, ისე ვერბალურად მოცემული სიტუაციის ზემოქმედების საფუძველზე. ვერბალური გზით სტიმულირებული განწყობა ადამიანისათვის სპეციფიკურ ქცევას წარმოართავს და მხოლოდ ადამიანისათვის არის დამახასიათებელი. ამიტომ სიტუაციის სიტუაციაში შექმნილი განწყობის კვლევას უარესად დიდი მნიშვნელობა აქვს ადამიანის ფსიქიკის შესწავლისათვის [1]. მაგრამ არანაკლებ საინტერესო უნდა იყოს აღნიშნული განწყობის შესწავლა ადამიანის ფსიქიკის დაავადების, კერძოდ, ნერვოზებისა და ფსიქოზების შემთხვევაში. ცნობილია, რომ ნერვოზი და განსაკუთრებით ფსიქოზი ადამიანის ფსიქიკის სპეციალურ დაავადებად ითვლება. ამ დაავადებათა დროს ფსიქიკის სწორედ ადამიანური მხარის დაზიანებასთან გვაქვს საქმე. სიტუაციური სიტუაციის ზემოქმედების გზით შექმნილი განწყობის შესწავლა ფსიქოზებისა და ნერვოზების დროს უთუოდ დიდი დახმარებას გაგვიწევს როგორც ამ განწყობის ფსიქოლოგიური თავისებურების დაზუსტების, ისე თვით ფსიქოზების და ნერვოზების ფსიქოპათოლოგიური ბუნების გარკვევის საქმეში. ზემოაღნიშნულთან დაკავშირებით ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ეს სპეციფიკურ-ადამიანური განწყობა პრესენილური ფსიქოზის დროს.

### კვლევის მეთოდი

ჩვენი საკითხის შესწავლისათვის რ. ნათაძის მიერ შემუშავებულ მეთოდს მივმართეთ [2]. ამ შემთხვევაში აქტუალური სიტუაციის ნაცვლად ცდისპირზე ვერბალურად რეპრეზენტირებული სიტუაცია მოქმედებს. ცდისპირს წინადადება ეძლევა წარმოიდგინოს, რომ მას ერთ ხელში მოცულობით დიდი ბურთი აქვს, მეორეში კი — პატარა. ასეთი საგანწყობო ცდების 15-ჯერ განმეორების შემდეგ ცდისპირს ხელში ეძლევა შესადარებლად კრიტიკული (ტოლი) ბურთები. ასევე წარმოებს ცდა ოპტიკურ სფეროში. მხოლოდ აქ ცდისპირმა ტაქსისკოპის სარკმელში გარკვეულ ადგილზე უნდა წარმოიდგინოს ორი განსხვავებული მოცულობის წრე. როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში თუ ცდისპირს ფიქსირებული განწყობა შეექმნა, მან კრიტიკული ობიექტები ილუზორულად უნდა აღიქვას.

პრესენილური ფსიქოზით დაავადებულები ვიკვლიეთ ფსიქიატრიის კლინიკის ბაზაზე პროფ. ი. ბეალავას ხელმძღვანელობით.

### ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები

ჩვენ მიერ შესწავლილი იყო პრესენილური ფსიქოზით დაავადებული 42 ავადმყოფი. აქედან 12 ავადმყოფი, ე. ი. 28,5%, ისეთ მდგომარეობაში იმყოფებოდა, რომ მათზე სიტუაციის სიტუაციაში განწყობის ფიქსაციის ცდების დაყენება არ მოხერხდა. ეს ავადმყოფები მწვავე ფსიქოტიური, აქტიური მელანქოლიის მდგომარეობაში იმყოფებოდნენ, გამოთქვამდნენ სხვადასხვა ხასიათის



ბოდვეს, ტიროდნენ და მოთქვამდნენ. ამიტომ მათთან კონტაქტის დამყარება სრულიად შეუძლებელი აღმოჩნდა. ამრიგად, ეს 12 ავადმყოფი ცდისპირთა საერთო რიცხვში არ შევიდა.

დანარჩენი 30 ავადმყოფიდან ათმა წარმოდგენით განწყობის გამოწვევა სრულიად ვერ მოახერხა ვერც ოპტიკურსა და ვერც ჰაპტურ სფეროში. ცდისპირების ეს ჯგუფი ორი-სამი დღის განმავლობაში იყო შემოწმებული; საგანწყობო ექსპოზიციათა რაოდენობა 30-მდე იყო გაზრდილი, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, სიტყვითს სიტუაციაში განწყობის შემუშავება მათ მაინც ვერ შეძლეს. საინტერესოა, რომ ამ ავადმყოფებს არც აქტუალურ სიტუაციაში შეექმნათ განწყობა, როგორც ჩანს, ავადმყოფთა ეს ჯგუფი ნულეული განწყობის სუბიექტებია.

რაც შეეხება ჩვენი ცდისპირთა დანარჩენ უმრავლესობას, ე. ი. 20 ცდისპირს, ისინი პრესენილური ფსიქოზის შესატყვისად შეცვლილი სუბიექტებია: აქ აღინიშნება დეპრესიის ფონზე ვაშლილი ბოდვითი ინტერპრეტაციები და აყიტირებული მელანქოლია. მაგრამ ეს ავადმყოფები ზემოხსენებულ 10 ავადმყოფთან შედარებით, დამშვიდებულ მდგომარეობაში იმყოფებოდნენ, გაცილებით კონტაქტური და ადეკვატური ქცევისანი იყვნენ, ჩვენი დავალების შესრულებაზე ადვილად თანხმდებოდნენ და დაკისრებულ ამოცანას ასრულებდნენ. ამ ოცი ავადმყოფიდან სიტყვითს სიტუაციაში განწყობა ჰაპტურ სფეროში შეუძლებელია 19 ავადმყოფს, ე. ი. 95%-ს, ხოლო ოპტიკურში — 13 ავადმყოფს — 65%-ს. ფიქსირებული განწყობის მოქმედება კონტრასტული და ასიმულაციური ილუზიების მიმართულებით ორ სფეროს შორის შემდეგი რაოდენობით განაწილდა: ჰაპტურ სფეროში — 19 საგანწყობო ცდაზე სულ ილუზიათა რაოდენობა 414 ილუზიას შეადგენს; აქედან კონტრასტული 30%-ს და ასიმულაციური — 67,5%-ს მოიცავს.

ოპტიკურ სფეროში — 13 საგანწყობო ცდაზე სულ 226 ილუზია მივიღეთ; აქედან 102 კონტრასტული — 45% და 124 ასიმულაციური — 55%.

ასეთია ჩვენი ექსპერიმენტით მიღებული შედეგების ზოგადი სურათი. ახლა ვნახოთ, კონტრასტულად რა თვისებებით ხასიათდება პრესენილურთა სიტყვითს სიტუაციაში შექმნილი ფიქსირებული განწყობა.

სპეციალურად ამ მიზნისათვის ჩატარებული ცდების შედეგები წარმოდგენილია 1 ცხრილში.

გავარჩიოთ განწყობის თითოეული მხარე ცალ-ცალკე. პრესენილური ფსიქოზით დაავადებულთა წარმოდგენით ფიქსირებული განწყობა ჰაპტურ სფეროში 74%-ში სტატიკურ ხასიათს ატარებს: ავადმყოფი თავს ვერ აღწევს ილუზიებს და მრავალი კრიტიკული ექსპოზიციის მანძილზე კრიტიკულ ობიექტებს ფიქსირებული განწყობისეულად აღიქვამს.

დინამიკური განწყობა ჰაპტურ სფეროში შემთხვევათა მხოლოდ 26%-ში დადასტურდა. ოპტიკურ სფეროში სტატიკური და დინამიკური განწყობა თითქმის თანაბრად განაწილდა, — სტატიკური — 54%, დინამიკური — 46%.

მიუხედავად ასეთი სტატიკურობისა, ამ ავადმყოფთა განწყობა დროში გამძლე არ აღმოჩნდა. ზოგიერთი ავადმყოფის განწყობა ერთი დღის შემდეგ უკვე გამქრალი იყო, ორი დღის შემდეგ კი ფიქსირებული განწყობის ეფექტი თითქმის არც ერთ ავადმყოფს არ გამოუვლენია. ჰაპტურ სფეროში ცდისპირთა 63%-ს აღმოაჩნდა ლაბილური განწყობა, ოპტიკურში კი — 61,5%-ს.

ინარჩუნებენ თუ არა სიტყვით ფიქსირებული განწყობის მოქმედების ერთსა და იმავე ტიპს ჩვენი ავადმყოფები? კონსტანტური ტიპის განწყობა, ე. ი. ისეთი განწყობა, რომელიც ყოველთვის ერთსა და იმავე ნიშნებს ატარებს, ჰაპტურსა და ოპტიკურ სფეროში სულ ორ ავადმყოფს აღმოაჩნდა. ვარიაბილური ტიპის განწყობა ჰაპტურ სფეროში 5 ავადმყოფთან გამოვლინდა (26%). დანარ-

ჩვენ 12 კლასპირს განწყობის კონსტანტობის გარკვევისათვის დაყენებულ ცდებში განწყობა საერთოდ აღარ შეუმუშავდა.

ცხრილი 1

ფიქსირებული განწყობის თავისებურებანი

		ჰაპტური სფერო	ობტიკური სფერო
მტიციე . . . . .	აბს. რაოდ. %	3 15,5 %	3 23 %
სუსტი . . . . .	აბს. რ. %	14 74 %	6 46 %
ლაბილური . . . . .	აბს. რ. %	12 63 %	8 61,5 %
სტაბილური . . . . .	აბს. რ. %	7 37 %	5 38,5 %
ვარიაციული . . . . .	აბს. რ. %	5 26 %	6 45,5 %
კონსტანტური . . . . .	აბს. რ. %	2 10 %	2 15,5 %
ასტატიკური . . . . .	აბს. რ. %	14 74 %	6 46 %
დინამიკური . . . . .	აბს. რ. %	5 26 %	7 54 %
პლასტიკური . . . . .	აბს. რ. %	13 68 %	5 38 %
ტლანქი . . . . .	აბს. რ. %	6 32 %	8 62 %
ირადირებული . . . . .	აბს. რ. %	4 20 %	4 20 %
ლოკალური . . . . .	აბს. რ. %	" "	" "

ობტიკურ სფეროში ვარიაციული განწყობა აღმოაჩნდა 6 ავადმყოფს — 54,5%; დანარჩენ ხუთს განწყობა აღარ შეუმუშავდა. საერთოდ, პრესენილური ფიქროზით დაავადებულებს სიტყვიერ სიტუაციაში განწყობა ზოგჯერ უმუშავდება, ზოგჯერ კი არა. თუ ამ გარემოებასაც მათი განწყობის ვარიაციულობის ფაქტად მივიჩნევთ, მაშინ ვარიაციული განწყობის შემთხვევათა პროცენტული რიცხვი ჰაპტურ სფეროში 90%-ს აღწევს, ხოლო ობტიკურში — 84,5%-ს.

განწყობის ასეთი თავისებური ვარიაციულობის გამო მისი ირადიაციის ზუსტი შესწავლა შეუძლებელი შეიქმნა. განწყობის ირადიაცია ჰაპტური სფეროდან ობტიკურზე მხოლოდ 4 ავადმყოფზე — 20% დადასტურდა. მაგრამ დანარჩენ შემთხვევებში ავადმყოფებს განწყობა აღარ შეუმუშავდათ, რის გამოც ირადიაციის ფაქტის დადგენა არ მოხერხდა.

სპეციალურად უნდა შევჩერდეთ ამ ავადმყოფთა განწყობის სიმტკიცეზე-ჩვეულებრივ განწყობა მით უფრო მტკიცედ ითვლება, რაც უფრო მეტია ილუზიათა რიცხვი მისი ჩაქრობის პროცესის პირველ ფაზაში. ჩვენს ცდისპირებთან პაატუ რ სვეროში (4—8 ილუზიამდე გავრცელებული) 3 ავადმყოფთან — 15,5% დადასტურდა; 9—15 ილუზიამდე — 2 ცდისპირთან — 10,5%; 15—25 ილუზიამდე — 7 ცდისპირთან — 37% და 30 ილუზიის ზევით — 7 ცდისპირთან — 37%; ოპტიკურ სვეროში — (4—8 ილუზიამდე) — 3 ცდისპირთან დადასტურდა — 23%; 9—15 ილუზიამდე — 4 ცდისპირთან — 31%; 15—25 ილუზიამდე — 3 ცდისპირთან — 23% და 30 ილუზიის ზევით — 3 ცდისპირთან — 23%.

ამგვარად, შთაბეჭდილება ისეთია, თითქოს პრესენილური ფსიქოზის შემთხვევაში ვერბალურად ფიქსირებული განწყობა სიმტკიცის საკმაოდ მაღალი ხარისხით ხასიათდება. განწყობის სიმტკიცის გაზომვისას, როგორც უკვე იყო აღნიშნული, დიდი მნიშვნელობა ეძლევა მისი ჩაქრობის პროცესის პირველ ფაზას; რაც უფრო ხანგრძლივია ეს ფაზა, ილუზიათა რაც უფრო მეტ რიცხვს მოიცავს იგი, მით უფრო მტკიცეა განწყობა. მაგრამ განწყობის სიმტკიცეს გვიჩვენებს არა ყოველგვარი ილუზია, არამედ სწორედ კონტრასტული ილუზიები. მტკიცედ ჩაითვლება ისეთი განწყობა, რომელიც ჩაქრობის პირველ ფაზაში თანამიმდევარი კონტრასტული ილუზიების დიდი რიცხვით ხასიათდება. ამიტომ განწყობის სიმტკიცე და სტატისტიკობა ყოველთვის არ ემთხვევა ერთმანეთს. ასიმულაციური ილუზიებში გამოვლინებული სტატისტიკური განწყობა ამ ილუზიების უსასრულო დიდი რიცხვის შემთხვევაშიც კი, მიუხედავად თავისი სტატისტიკობისა, კვალიფიცირდება მაინც როგორც სუსტი [1].

პრესენილური ფსიქოზით დაავადებულთა განწყობა უმრავლეს შემთხვევაში სტატისტიკური ხასიათისაა. ერთი შეხედვით ეს მტკიცე განწყობის შთაბეჭდილებას ქმნის, მაგრამ მასალის დეტალური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ პრესენილური ფსიქოზით დაავადებულთა შორის ასიმულაციური ილუზიები საკარნობლად სჭარბობს კონტრასტულს და, გარდა ამისა, შემთხვევათა 50%-ში განწყობის მოქმედების გამოვლენა, კონტრასტული ილუზიების გარეშე, თავიდანვე ასიმულაციური ილუზიებით იწყება. კონტრასტული ილუზია, როგორც განწყობის ჩაქრობის პირველი ფაზა, მხოლოდ 25%-ში გვხვდება, ხოლო დანარჩენ 25%-ში კონტრასტული და ასიმულაციური ილუზიების მონაცვლეობასთან გვაქვს საქმე. ამიტომ, მიუხედავად იმისა, რომ პრესენილური ფსიქოზით შეპყრობილი თავს ვერ აღწევს ილუზიას, მიუხედავად იმისა, რომ მისი ფიქსირებული განწყობა არ უთმობს ადგილს ახალს — სიტუაციის ადეკვატურ განწყობას და სტატისტიკურ ხასიათს ატარებს, იგი არსებითად მაინც სუსტი ბუნების განწყობად უნდა ჩაითვალოს.

საბოლოოდ, მიღებული ექსპერიმენტული მასალის ანალიზის საფუძველზე, პრესენილური ფსიქოზით დაავადებულთა ვერბალური სიტუაციის შემოქმედებით ფიქსირებული განწყობის შემდეგი ძირითადი და დამახასიათებელი ნიშნები უნდა გამოიყოს: განწყობის ლაბილობა, განწყობის ვარიაბილობა და განწყობის სისუსტე.

საინტერესოა, რომ ამ ავადმყოფების აქტუალურ სიტუაციაში ფიქსირებული განწყობა, თავისი ნიშნების მიხედვით, დიამეტრულად განსხვავდება სიტყვით სიტუაციაში ფიქსირებულ განწყობისაგან. იგი, უპირატესად, სტაბილურ, კონსტანტურ და მტკიცე ხასიათს ატარებს [3].

ამრიგად, როგორც ჩვენმა ექსპერიმენტულმა კვლევამ დაგვანახა, ჩვენი პრესენილური ფსიქოზით დაავადებულები სიტყვით სიტუაციაში განწყობის ფიქსაციის შესაძლებლობის უნარს არ არიან მოკლებულნი, მაგრამ ექსპერი-

ნენტის ვითარებაში ჩვენ არა ერთხელ მივაქციეთ ყურადღება იმ გარემოებას, რომ ამ მხრივ პრესენილურთა ქცევას არ ახასიათებს გამძლეობა, რომ იდეურ სიტუაციაში განწყობის ფიქსაცია, თუ შეიძლება ასე ითქვას, უფრო სპორადულ ხასიათს ატარებს. არის პერიოდები, როდესაც ჩვენი ავადმყოფები აღწევენ თავის მიზანს, მაგრამ ასეთი დროის პერიოდები გაცილებით იშვიათი და ხანმოკლეა.

პრესენილური ფსიქოზის კლინიკური სიმპტომიდან ძირითადი, წამყვანი სიმპტომი აფექტური სფეროს მოშლაა, რომელიც ზოგადი აგზნების, აქტიაციის ფონზე მიმდინარეობს, რის გამოც ავადმყოფის ქცევას მწვავე განცდები და მოუსვენრობა ახასიათებს. ასეთ მდგომარეობაში ავადმყოფი ხშირად ვერ ახერხებს ექსპერიმენტულ სიტუაციაში ჩართვას, ამა თუ იმ მიმართულებით შესატყვისი ფსიქიკური ძალების მობილიზაციას. ამით უნდა იყოს, ჩვენი აზრით, გაპირობებული ის, რომ პრესენილური ფსიქოზით დაავადებულ ადამიანს ვერბალურ სიტუაციაში განწყობა ყოველთვის არ უმუშავდება. ამ ავადმყოფთა ობიექტივაციის აქტის თავისებურება კიდევ უფრო ნათელს ხდის ამ გარემოებას.

ცნობილია, რომ სიტყვის, იდეის ზემოქმედებით განწყობის ფიქსაცია ობიექტივაციის აქტს მოითხოვს. განწყობის აღმოცენება იდეის საფუძველზე ობიექტივაციის აქტს ემყარება [1].

პრესენილური ფსიქოზის შემთხვევაში ობიექტივაციის აქტის მეტად თავისებურ დეფექტთან გვაქვს საქმე: არის პერიოდები, როდესაც ავადმყოფი მიმართავს ობიექტივაციის აქტს, მაგრამ არის ისეთი შემთხვევებიც, სადაც იგივე ავადმყოფი ვერ ახერხებს ობიექტივაციის მოხდენას. ასეთი მერყეობა დამოკიდებულია ავადმყოფის საერთო მდგომარეობისავე. კიდევ უფრო საინტერესოა ის გარემოება, რომ ზოგჯერ ავადმყოფი ობიექტივაციის აქტის საფუძველზე ფსიქიკური ცხოვრების მეორე უმაღლეს პლანზე იწყებს თავისი ქცევის გაშლას, მაგრამ იგი დიდხანს ვერ ჩერდება ამ პლანზე და კვლავ ფსიქიკის პირველი დონისკენ ცურდება [4].

ობიექტივაციის აქტის თავისებურება, როგორც ვხედავთ, ემთხვევა ამ ავადმყოფთა ვერბალური გზით მიღებული ფიქსირებული განწყობის თავისებურებას. არის დროის მონაკვეთები, როცა ავადმყოფი მიმართავს ობიექტივაციის აქტს, მაგრამ არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც იგივე ავადმყოფი ვერ ახდენს ობიექტივაციას. ასეთი მერყეობა და პერიოდულობა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დამახასიათებელი თავისებურება აღმოჩნდა აგრეთვე ვერბალურ სიტუაციაში განწყობის აღმოცენების შემთხვევაშიც. როგორც ჩანს, როცა ავადმყოფი ახერხებს ობიექტივაციის მოხდენას, მაშინ მას სიტყვის სიტუაციაში განწყობაც უმუშავდება, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი არც ამ განწყობის ფიქსაცია ხდება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
დ. უხნაძის სახელობის ფსიქოლოგიის  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 26.7.1957)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. დ. უზნაძე. განწყობის ფსიქოლოგიის ექსპერიმენტული საფუძვლები „ფსიქოლოგია“, ტ. V, 1949.
2. რ. ნათაძე. წარმოდგენით სტიმულირებული ფიქსირებული განწყობის საკითხისათვის „ფსიქოლოგია“, ტ. I, 1942.
3. ი. ბჟალავა. ინვალუციური მელანქოლიის ფსიქოპათოლოგიისათვის. „ფსიქოლოგია“, ტ. X, 1956.
4. შ. საყვარელიძე. ცნებითი აზროვნების თავისებურება პრესენილური ფსიქოზის დროს. სამეცნიერო კონფერენციის მუშაობის გეგმა და მოხსენებათა თეზისები, 1954.
5. Т. А. Гейер. К вопросу о пресенильных психозах. Труды психиатрич. клиники, т. I, 1925.
6. Р. Е. Люстерник. К учению о пресенильных психозах. Труды психиатрич. клиники, т. II, 1927.



პ. ზაქარაია

## საამილახოროსა დ ზემო ქართლის სადროშოს XV—XVIII სს ციხე-სიმაგრეები

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ჩიტაიამ 27.6.1957)

გვიანფეოდალური საქართველოს სოციალურ-ეკონომიურ ცხოვრებაში დიდ როლს თამაშობდა სათავადო-საამილახორო. თავისი არსებობის მანძილზე ამ სათავადომ არაერთხელ განიცადა აყვავება და დაცემა. მიუხედავად ამისა, ამილახორებმა შეინარჩუნეს თავიანთი თანამდებობა და არ იყვნენ ზოგიერთი სხვა თავადის მსგავსად განდევნილნი თავიანთი სამფლობელოდან.

ამილახორთა წარმოშობა და მასთან დაკავშირებული საკითხები შესწავლილია ნ. ბე რ ძ ე ნ ი შ ვ ი ლ ი ს მიერ [1]. მკვლევარი მიღის დასკვნამდე, რომ ზეგდგინიძე-ამილახორთა ისტორია იწყება XIV ს. პირველ ნახევრიდან, გიორგი ბრწყინვალის მეფობის პერიოდიდან (1314—1346 წწ.). აკად. ნ. ა. ბერძენიშვილის შრომას ეყრდნობა პროფ. დ. გ ვ რ ი ტ ი შ ვ ი ლ ი ს ა [2] და მ. ქ ი ქ ლ ი ს სუბციალური გამოკვლევები. საბოლოოდ ჩამოყალიბებულ სათავადოდ საამილახორო შეიძლება ჩაითვალოს XV ს-დან.

ამილახორების თავდაპირველი რეზიდენცია იყო სხვილო. იმ დროს ფეოდალს აუცილებლად უნდა ჰქონოდა თავისი სასახლე და ციხე. იმ ნანგრევებში, რომლებიც ამჟამადაც არის სხვილოში, ჩანს ძველ ნაგებობათა ნაშთიც. ამილახორების გაძლიერებასთან ერთად ფართოვდება მათი რეზიდენციაც. სხვილო იჭევა დიდ გამაგრებულ პუნქტად.

ისტორიული წყაროები არ იძლევა საკმარის მასალას იმის დასაზუსტებლად, თუ რა დრომდე რჩებოდა სხვილო ამილახორთა რეზიდენციად. არაპირდაპირი გზებით შეიძლება დაახლოებით დადგინდეს, რომ XVI—XVII სს. მიჯნაზე ისინი სხვილოდან ჩამოდიან ქვემო ქალაში. ცენტრის ქვემო ქალაში გადატანის შემდეგ, სხვილო განაგრძობს არსებობას როგორც ციხე.

ამილახორთა სამფლობელო არ იყო ისეთი შეუვალი, როგორც ქსნი-სა და არაგვის ერისთავთა სამფლობელოები. საამილახორო უმეტესად განლაგებული იყო ვაკეზე, ამიტომ მისი დაცვა მთლიანად დაფუძნებული იყო ჩელოვანურ სიმაგრეებზე. ამილახორების ტერიტორია მოიცავდა რეხულის ხეობას და მეჯულის ქვემო წელს. საამილახოროს ჩრდილოეთიდან ესაზღვრებოდა ქსნის საერისთავო, სამხრეთიდან — მდინარე მტკვარი, დასავლეთიდან — გორი, ხოლო აღმოსავლეთიდან — სამუხრანო და ქსნის საერისთავო.

რადგანაც ამილახორები იყვნენ ზემო ქართლის სადროშოს სარდლები, მათ საკუთარი ტერიტორიის გარდა უნდა ეზრუნათ ზემო ქართლის სადროშოს დაცვაზეც. ამიტომ, ამილახორისადმი დაქვემდებარებული თავდაცვის წრე, ძირითადად, შეიძლება გაიყოს ორ ჯგუფად: პირველ ჯგუფში შედიოდა მათი საკუთარი ტერიტორია, მათი სათავადო, მეორეში — მათი სადროშო. ამილახორის უფლება სადროშოზე არ იყო ყოველთვის ერთნაირი, მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში, ამილახორები სათავეში უდგნენ ამ მხარის ჯარებს და აუცილებლობის დროს დგებოდნენ მეფის მარჯვენა მხარეს.

ზემო ქართლის სადროშოს ტერიტორიაზე განლაგებული იყო სახელმწიფო-ებრივი მნიშვნელობის დიდი სიმაგრეები, როგორცაა: გორი, სურამი, სხვილო, ცხინვალი, კეხვი, ალი, საქართლის-ციხე და სხვ. ეს სიმაგრეები რამდენჯერ-

მე იყო დაზიანებული და ისევ აღდგენილი. ქვეყნის თავდაცვისათვის მათ ჰქონდათ უდიდესი სტრატეგიული მნიშვნელობა, ამიტომ ამ სიმაგრეების აღდგენა ხდებოდა პირველ შეძლებისთანავე.

სამილახორის ტერიტორიაზე ადრეული სიმაგრეები არ არის მიკვლეული. ამჟამად არსებული სიმაგრეებიდან სხვებზე ადრეულია სხვილო. უფრო გვიან თავდაცვის სისტემის ჩაქვს კრავდა: კასპი, სამთავისი, სხვილო, ზახორი და, ნაწილობრივ, გორი. ამ ჩაქვის ცენტრს წარმოადგენდა ქვემო ჭალა.

ამილახორები იყვნენ გორის მოურავებიც. მათ კომპეტენციაში შედიოდა გორის სიმაგრეზე ზრუნვაც, ამიტომ მას იყენებდნენ თავიანთი მიზნისთვისაც. ბიუხედავად იმისა, რომ გორი იყო სახელმწიფოებრივი ციხე. ამრიგად, გორის სიმაგრე სამილახორისათვის დასავლეთის მხრიდან წარმოადგენდა საიმედო დასაყრდენს.

ზემო ქართლის სადროშოდან შეიძლება გამოიყოს ხეობების მიხედვით ცალკეული ჯგუფები (გარდა ამისა იყო კიდევ მცირე სათავადოები, მაგრამ ისინი აქ არ მოგვეყვას). თუ სადროშოში აქ შემავალ ხეობებს განვიხილავთ აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ, ისინი შეიძლება ჩამოვთვალოთ შემდეგი რიგით: დიდი ლიახვი, დვანის-წყალი (ფრონე), ფცის-წყალი (მეორე ფრონე), ალის-წყალი და სურამის-წყალი მტკვრის მარცხენა სანაპიროთი.

ციხეებისა და სიმაგრეების ყველა ეს ჯგუფი გავრთიანებული იყო სიგნალიზაციის საერთო სისტემით. სადაც ერთი სიმაგრიდან მეორეზე უშუალოდ არ შეიძლებოდა სიგნალის გადაცემა, იქ იდგა ერთი ან რამდენიმე კოშკი.

ქვემოთ მოკლედ განვიხილავთ მოცემული ტერიტორიის უმთავრეს სიმაგრეებსა და კოშკებს.

სხვილოს, ქვემო ჭალის და გორის სიმაგრეებს ზევნ უკვე შევხებთ სხვაგან [3], ამიტომ დავიწყებთ სურამიდან.

სურამის სიმაგრე მდებარეობს კლდოვან გორაკზე მტკვრის აუზში. გორაკს დასავლეთიდან ჩამოუდის პატარა მდ. სურამის-წყალი. სიმაგრე განლაგებულია ორი ძირითადი მაგისტრალის შეერთებასთან. ამ გზებიდან ერთი მისდევს მდ. მტკვარს და გამოდის ბორჯომის ვიწრო ჭეობიდან, ხოლო მეორე მოდის დასავლეთ საქართველოდან სურამის უღელტეხილის გავლით. ვისაც ეკავა ეს მნიშვნელოვანი სტრატეგიული პუნქტი, მის ხელში ექცეოდა ზემოაღნიშნული გზებიც.

სიმაგრეს უკავია გორაკის მთელი მწვერვალი. ეს ციხე ითვლებოდა ძნელად მისადგომად, რადგან აღმოჩენილია ვერტიკალურ კლდეზე და მისი კედლები იყო სქელი და მყარი (ტაბ. 1ა).

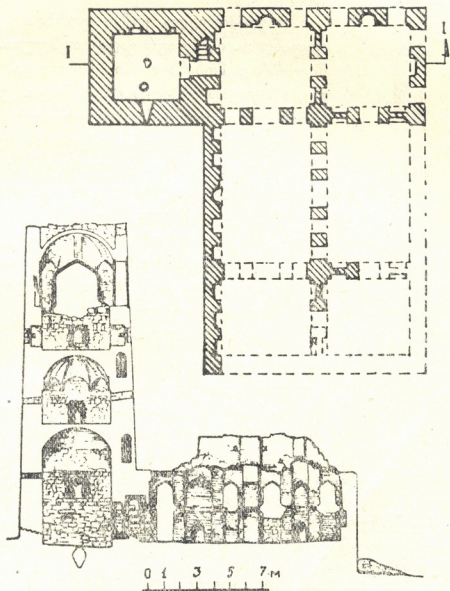
ამ ციხე-სიმაგრის წარმოშობა არაა ცნობილი. უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ ადგილას სიმაგრე აიგო განვითარებული ფეოდალიზმის დასაწყის პერიოდში, სურამელთა საერისთაოს წარმოშობასთან ერთად.

რამდენადაც სიმაგრის ნანგრევები იძლევიან საშუალებას გამოვყოთ სამშენებლო ფენები, უნდა დავასკვნათ, რომ თავდაპირველად აქ იყო ერთი კოშკი მცირე გალავნით. კოშკს აკლია ზემო ნაწილი, ხოლო გალავნიდან შერჩენილია ფრაგმენტები. თავისი არსებობის უკანასკნელ პერიოდში ციხე შედგებოდა ციტადელისა და ქვემო გალავნისაგან.

ციხის ქვემო ნაწილის ტერიტორიაზე განლაგებულია მცირე ეკლესია და საცხოვრებელი ნაგებობის ნანგრევები.

ციხის კავიტალური რესტავრაცია მოხდა XVI ს. მეორე ნახევარში ან XVII ს. პირველ ნახევარში. ამ პერიოდის კედლის ნაშთები შერჩენილია ჩრდილო ნაწილში და ჩრდილო-დასავლეთ კუთხეში. ციხე-სიმაგრის კედლების დანარჩენი ნაწილები რესტავრირებულია. როგორც XVII ს., ისე XVIII ს. შუა წლებში.

ჩვენ ისტორიულ წყაროებში სურამის ციხე-სიმაგრე იხსენიება XVII ს-ში. XVII—XVIII საუკუნეების მანძილზე მრავალი ბრძოლა წარმოებდა სურამის ციხე-სიმაგრის დასაპყრობად. ის იყო XVIII ს. 40-იან წლებში ირანელების წინააღმდეგ აჯანყებული გივი ამილახორის ძირითადი დასაყრდენიც.



სურ. 1

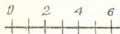
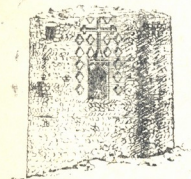
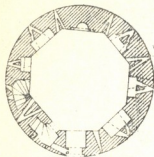
სურამის ციხე-სიმაგრის სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობა დასტურდება ვრეკლე მეფის „ანდრობითაც“. 1791 წ. შედგენილ ამ დოკუმენტში აღნიშნულია: „ციხეებისაც ასე დაგვიწერია: ქალაქის თბილისის ციხე, გორის ციხე, სურამის ციხე... ამ ციხეებს ნარიყალის ციხეებიცა აქვს და ნარიყალები ცოტას კაცით შეინახება. ამ შვიდს ალაგს ნარიყალებში საერთოდ კაცნი უნდა ეყენოს, რაერთიც მოუნდესთ მცველად“ [4].

დიდი ლიხვის ხეობაში მდებარეობს ბევრი კოშკი და ციხე-სიმაგრე. მათ შორის განსაკუთრებული ადგილი ეჭირა კეხვის ციხეს. ის მდებარეობს მდინარის მარჯვენა მხარეს, მაღალ მთაზე (ტაბ. 1B).

ციხე არ არის დიდი. ის რამდენჯერმე იყო კაპიტალურად გადაკეთებული. კარგად გამოირჩევა ოთხი სამშენებლო ფენა.

თავდაპირველად აქ იდგა დიდი ზომის კოშკი. მას სამხრეთიდან მიშენებული ჰქონდა გალავანი. ამ გალავნის დანგრევის შემდეგ დარჩენილი კედლები გამოყენებულ იქნა ახალი გალავნისა და კოშკის მშენებლობისათვის.

შემდეგ მიშენებულ იქნა პატარა შესასვლელი კოშკი, როდესაც თავდასხმები გაძლიერდა (XVIII ს.), სამხრეთის მხრიდან მიაშენეს ახალი გალავანი კოშკით.



სურ. 2

თავდაპირველი კოშკი ფორმით უახლოვდება ცილინდრს. ის ძლიერ გადაკეთებულია. ამჟამად ნაწილობრივ მოჩანს ოთხი სართული. ციხის ეზოს გეგმა ზუსტად არ არის დადგენილი. კედლების ფასადის მიხედვით შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ რესტავრირებული გალავანი იმეორებს ძველ აბრისს. თავდაპირველი ციხის კედლები ნაწილობრივ შენარჩუნებულია აღმოსავლეთით და დასავლეთით შესასვლელის ირგვლივ. ციხეს შესასვლელი აქვს დიდი კოშკის მახლობლად. ძველი კედლები მთელ სიმაღლეზე ყრუა. ციხის დაცვა, საფიქრებელია, წარმოებდა კედლების ზედა ნაწილიდან, რომელიც ამჟამად მორღვეულია.

მეორე სამშენებლო პერიოდის ციხის კედლები აგრეთვე ძლიერაა დაზიანებული. დასავლეთის კედლის ქვემო რიგში მოწყობილია სამი ბუხარი, ხოლო მათ შორის—ორ-ორი ცალმაგი სათოფური. ასეთივე სათოფურები იმავე დონეზე არის სამხრეთ-კედელშიც.

სამხრეთ-აღმოსავლეთის კოშკი მცირე ზომისაა. გეგმა უახლოვდება სამკუთხედს. ისიც დაზიანებულია, ნაწილობრივ შერჩენილი აქვს ოთხი სართული. კოშკის კედლებში მოწყობილია სათოფურები, სარკმლები, ბუხარი და სხვ.

ციხის მეორე ფენა კოშკებთან ერთად ანალოგიების მიხედვით თარიღდება XVII ს. პირველი ნახევრით.

ჩრდილო-დასავლეთის კუთხეში, XVIII ს-ში, გალავანს მიშენებული აქვს შესასვლელი კოშკი. ის ძლიერ დანგრეულია. რამდენადაც შესაძლებელია დადგენა, ის იყო სამსართულიანი.

მომდევნო პერიოდში, როდესაც ციხე აღარ აკმაყოფილებდა მფლობელის მოთხოვნილებას, ის გააფართოვეს. ამ მიზნით მთის ფერდობზე სამხრეთიდან შემოზღუდულ იქნა დაახლოებით 250 მ<sup>2</sup> ფართობის ტერიტორია. ამ მინაშენის კედლები დაინგრა, შესაძლებელია მხოლოდ დაახლოებით აღდგეს გეგმის აბრისი.

კეხვის ციხის მშენებლობის შესახებ არავითარი ისტორიული ცნობები არ მოიპოვება. ეს ციხე წყაროებში მოხსენებულია XVI საუკუნიდან და მოქმედია XVIII ს. ბოლომდე [5, 6].

ქართლის დასავლეთ ნაწილში, მდინარე ფცის-წყალზე, მდებარეობს მრავალი სხვადასხვა არქიტექტურული ძეგლი. გვიანფეოდალური ეპოქის ძეგლებიდან განსაკუთრებით გამოირჩევა ციხე-დარბაზი სოფ. ძალინაში. მთის ფერდობ-

ზე, ერთმანეთის მახლობლად დგას ორი ანსამბლი; ქვემო უფრო რთული და ადრეული წარმოშობისაა.

აღრეული ციხე მცირე ზომისაა. ის მრავალჯერ არის გადაკეთებული. ნანგრევების მიხედვით შეიძლება ძირითადად გამოვარჩიოთ ოთხი ქრონოლოგიური ფენა.

თავისი არსებობის უკანასკნელ პერიოდში ციხე შედგებოდა გალავნით შემოზღუდული პირამიდული კოშკისა და საცხოვრებელი ხასიათის მინაშენისაგან.

კოშკს ჩვენამდე არ მოუღწევია თავდაპირველი სახით. ჩრდილო კედლის ნახევარი და აღმოსავლეთი კედელი თითქმის მთლიანად ჩამონგრეულა, რის შემდეგაც ეს კედლები ისევ ამოუყვანიათ, მაგრამ სხვა გეგმით. ის ოთხსართულიანია საბრძოლო ბანიო. თავდაპირველ კედლებში განლაგებული ხვრელობების მიხედვით კოშკი აშენებულია ცეცხლმსროლი იარაღის გავრცელებამდე (ე. ი. XVI ს-მდე).

ციხის ბრძოლისუნარიანობის გაღიღების მიზნით მისი ეზო ამალღებული იყო ხელოვნურად. გალავანში გამოირჩევა ორი ქრონოლოგიური ფენა. პირველი ფენა მიეკუთვნება კოშკის აგების ხანას, მეორე კი XVI ს. მეორე ნახევარს ან XVII ს. პირველ ნახევარს.

დაახლოებით ამავე ხანას ეკუთვნის ციხისათვის სამხრეთით მიდგმული ოთხსართულიანი ნაგებობა.

ძალიანსაა მეორე ანსამბლი ძალიანაა დაზიანებული. ფეოდალის სამოსახლოდან შემორჩა სასახლე კოშკით და ეკლესია. სასახლის აღმოსავლეთით არის გალავნის ნაშთები, ხოლო დასავლეთით — რაღაც ნაგებობათა კვალი.

სასახლე და კოშკი თანადროულია და აგებულია ერთი ხუროთმოძღვრის გეგმით. ისინი კარგად, მოფიქრებულად დაკავშირებულნი და კომპოზიტურად შერწყმულები არიან ერთმანეთთან (სურ. 1).

კოშკს აკლია ზემო ნაწილი და ზოგიერთი დეტალი, სასახლე კი წარმოადგენს ნანგრევებს. როგორც ჩანს, ჯერ კიდევ XVIII ს-ში მტრებმა სასახლე ნანგრევებად აქციეს. აღდგენილ იქნა სასახლის მხოლოდ ნახევარი.

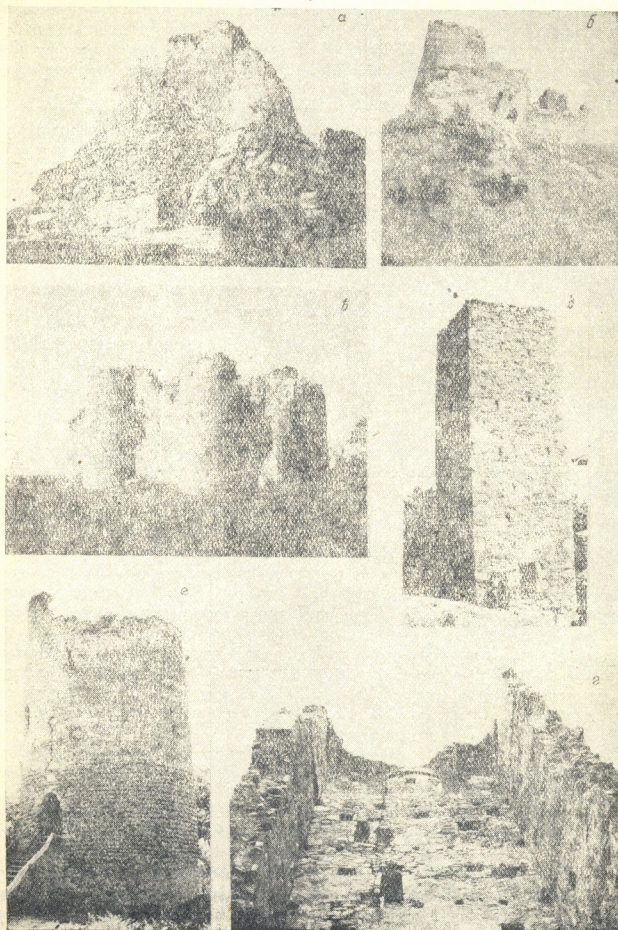
სასახლე იყო ერთსართულიანი და შედგებოდა ორი დარბაზისა და ოთხი ოთახისაგან. სასახლე მთლიანად აგურისგან არის აგებული. სასახლე ანალოგიებს პოულობს XVII ს-ის ისეთ სასახლეებთან, როგორიცაა კოდისწყარო, ყორნისი, ნული და სხვ.

სასახლესთან დაკავშირებული კოშკი გეგმით კვადრატულია. იგი ხუთსართულიანია. სართულები დაკავშირებული იყო ერთმანეთთან კიბეებით, რომლებიც კედლის სიღრმეში იყო მოწყობილი. კოშკის კედლებში განლაგებული იყო სათოფურები. სარკმლები და სხვ. კოშკის ზოგიერთი სართული, სასახლის მსგავსად, გადაწყვეტილი იყო დეკორატიულად.

მდ. ფრონეს (ვახუშტის მიხედვით „ფცის-წყალი“) მარჯვენა ნაპირზე სოფ. აბისში აღმართულია ციხე-დარბაზი. წარწერის მიხედვით ის აგებულია 1754 წ. ზაალ მახვილადის მიერ (ტაბ. IB).

ციხე შედგება სამი ნაწილისაგან, რომლებიც თითქმის ერთდროულად არის აგებული. შუა ნაწილი უკავია კოშკურ ნაგებობას, რომელსაც როგორც საცხოვრებელი, ისე საბრძოლო ხასიათის აშკარად გამოხატული ელემენტები აქვს. როგორც ჩანს, შენობის აშენებისთანავე ცხადი გახდა მისი არასაკმარისი ტევადობა და ჩრდილოეთ მხრიდან მიაშენეს დამატებითი ნაგებობა. სამხრეთიდან აშენებულ იქნა აგრეთვე ეკლესია. ამ ობიექტის სამივე ნაწილი ძლიერ დანგრეულია.

კოშკურ ნაგებობას ჰქონდა არანაკლებ სამი სართულისა. შენობა გეგმით სწორკუთხაა, კუთხეებში ცილინდრული კოშკებით. პირველი სართული ატარება და მატებით ხასიათს, ხოლო მეორე და მესამეს ჰქონდა სათოფურები. კედ-



სურ. 3

ლებში იყო აგრეთვე სარკმლები, ნიშები, ბუხრები და სხვ. ანალოგიურად არის გადაწყვეტილი ჩრდილოეთიდან მიშენებული კოშკი. ისინი მეორე სართულზე უკავშირდებიან ერთმანეთს კარებით.

ეკლესია არ არის დიდი. ის დარბაზული ტიპისაა. შესასვლელი სამხრეთიდანაა. აქედანვე იწყება კიბე, რომლითაც შეიძლება ცენტრალური ნაგებობის მეორე სართულზე მოხვედრა.

მთელი ანსამბლი ნაგებია რიყის ქვით. თლილი ქვა გამოყენებულია მხოლოდ ეკლესიის კუთხეებში.

მდ. ფრონეს სათავეებში ერთ-ერთ გამაგრებულ პუნქტს წარმოადგენდა სოფ. ყორნისი. ის მდებარეობს მეტნაკლებად ვაშლილ ადგილას. ჩრდილოეთიდან და დასავლეთიდან მას ეკვრის მთები.

ამ მხარის მფლობელმა აქ ააგო დიდი სასახლე შვიდსართულიანი კოშკით. ამით გარდა, სოფელში დგას შვიდი კოშკი. არცერთი მათგანი არაა შემონახული თავდაპირველი სახით. ყველა კოშკი სწორკუთხაა და ერთმანეთთან ბევრი საერთო აქვთ. ყველა ისინი პირდაპირ ანალოგიას პოულობენ XVII ს-ის მეორე ნახევრის კოშკებთან.

ყორნისის კოშკებს შორის გამოირჩევა სასახლესთან დაკავშირებული კოშკი. მისგან გადარჩენილია დასავლეთი მხარე. ის იყო შვიდსართულიანი და წარმოადგენდა საფორტიფიკაციო ნაგებობის იშვიათ ნიმუშს. სათოფურები მოწყობილია მესამე სართულიდან. სათოფურები არ არის რთული, როგორც ეს მიღებული იყო XVIII ს-ში. კოშკის სართულთშორისო ხის გადახურვა არ არის შემონახული, მაგრამ შერჩენილია მეშვიდე სართულის კამაროვანი გადახურვის ფრაგმენტი (ტაბ. 1Г).

ჩრდილო მხრიდან კოშკთან მიშენებული სასახლე დანგრეულა. ჩანს, რომ სწორკუთხა შენობა დაყოფილი იყო სამ ნაწილად. შუაში იყო დიდი დარბაზი, რომლის კედლები აგებული იყო რიყის ქვისა და აგურისგან.

ყორნისის მრავალრიცხოვან კოშკთაგან განვიხილავთ კიდევ ერთს. ის დგას სოფლის გარეთ წორბისის გზაზე. კოშკის გეგმა უწყესო ოთხკუთხედს წარმოადგენს. კოშკი დაიღუპა ხანძრის შედეგად. ნაწილობრივ შერჩენილია ოთხი სართული. შესასვლელი მეორე სართულიდანაა. პირველი დამხმარე სართული გაყოფილია ოთხ ნაწილად. მასში ინახებოდა როგორც საბრძოლო იარაღები, ისე პროდუქტები. ზემო სართულებს აქვს სათოფურები და სხვა მოწყობილობა, თავდასაცავად და საცხოვრებლად.

სოფ. წორბისი მდებარეობს ყორნისიდან დასავლეთით, მდინარის გაღმა. აქ მდგარი კოშკი იცავს ხეობას მდინარის მარჯვენა მხრიდან. ეს მაღალი და ვიწრო კოშკი დგას სოფელში ამაღლებულ გორაკზე. ამგვარი პროპორციის კოშკი საერთოდ იშვიათად გვხვდება (ტაბ. 1 დ).

კოშკი ხუთსართულიანია. პირველი სართული უკავია მხოლოდ შესასვლელს. მეორე სართულზე არის სათადარიგო კარი და როგორც ამ სართულის, ისევე ზემო სართულის კედლებში მოწყობილია სათოფურები. ყველა სართულის კედლებში მოთავსებულია სამეურნეო დანიშნულების მცირე ზომის ნი-

შები. კოშკი აშენებულია ყორე ქვისაგან, მხოლოდ კარ-სარკმლებია დამუშავებული თლილი ქვით.

წორბისის კოშკს ბევრი საერთო აქვს ყორნისის კოშკებთან, ამიტომ ის უნდა დათარიღდეს მათთან ერთად XVII საუკუნით.

ლიახვის დაბლობში, მის მარჯვენა მხარეს, სოფ. ქორდის მახლობლად, განმარტოებით დგას პარმონიული პროპორციების ცილინდრული კოშკი. ის ორსართულიანია. ზემოთ, საფიქრებელია, ჰქონდა ქონგურებით შემკული ტერასა. ამ ორი სართულიდან პირველი დამატებითი მნიშვნელობისაა, მეორე საცხოვრებელია, მაგრამ აქვს ყველა საბრძოლო ელემენტი. ჩვენი აზრით, ეს კოშკი წარმოადგენს რომელიღაც ანსამბლის ნაწილს (სურ. 2).

კოშკის შესასვლელი მოწყობილია მეორე სართულზე. შესასვლელის მახლობლად იწყება კიბეები, მათგან ერთი მიემართება ზემოთ, მეორე — ქვემოთ.

პირველი სართული გადახურულია კონუსური გუმბათით. იგი ძირითადად გამოყენებული იყო როგორც მარანი. მეორე სართული გეგმაში რვაკუთხაა და გადახურულია შესაბამისად შეკრული კამარით. სადგომის კედლებში მრავლად არის სხვადასხვა სამეურნეო ხასიათის ელემენტები და სათოფურები. ამ სართულის თაღი და კედლები გადაწყვეტილია დეკორატიულად. კოშკის შესასვლელი გარედან ასევე გაფორმებულია.

კოშკი უშუალო ანალოგიებს, პოულობს XVIII ს. შუა წლების კოშკებს შორის.

ლიახვის მარჯვენა მხარეს, საკმაოდ მოზრდილი სოფლის საქაშეთის შუაგულში აღმართულია დიდი ზომის ცილინდრული კოშკი (ტაბ. 1e). კოშკის შესასვლელს ზემოთ მოთავსებულია მარმარილოს ფილა წარწერით. წარწერაში ნათქვამია: „ქ. ქამსა ამაღლებულისა მეფისა მეორე ირაკლისა აღვაშენე კოშკი ესე მე დისამიძემ გორის ციხის მინბაშმა დიმიტრიმ ქკს უპ“ (1792 წ.).

კოშკი ოთხსართულიანია. ერთადერთი შესასვლელი მოთავსებულია მეორე სართულზე. მეორე სართულიდან კედლის შიგნით მოთავსებული კიბეებით შეიძლება ჩასვლა პირველ სართულზე და ასვლა — მესამეზე.

სამი სართული გადახურულია გუმბათით. პირველი სართული, როგორც უმეტეს შემთხვევაში, აქაც დამატებითი მნიშვნელობისაა, მეორე და მესამე სართულები საცხოვრებელია და აქვთ სათოფურები. დეკორით გამოირჩევა მესამე სართული. მეოთხე სართული ძლიერ დანგრეულია. აქ იყო საბრძოლო ტერასა მაღალი კედლებით.

ქართლის ერთი ნაწილის ზემოგანხილული ციხე-სიმაგრეები გვიანდელი საუკუნეების ქართული სამშენებლო კულტურის შესანიშნავ მაგალითს წარმოადგენს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმი

(რედაქციას მოუვიდა 27.6.1957)



## დამოწმებული ლიტერატურა

1. ნ. ბერძენიშვილი. ფეოდალური ურთიერთობიდან XV საუკუნეში, მასალები საქართველოსა და კავკასიის ისტორიისათვის, ნაკვ. 1, თბილისი, 1937, გვ. 3—52.
2. დ. გვრიტიშვილი. ფეოდალური საქართველოს სოციალური ურთიერთობის ისტორიიდან, თბილისი, 1955, გვ. 109—121.
3. П. П. Закарая. Фортификационные сооружения Шида Карти, КСИМК, 1952  
вып. 46, стр. 128—129, 133—134.
4. ე. თაყაიშვილი. საქართველოს სიძველენი, ტ. 1, თბილისი, 1920, გვ. 205—206.
5. საქ. ცენტრარქივი, ფ. 226, № 3571.
6. С. В. Безсонов. Крепостные сооружения в бассейне Большой Лиахви, Известия Юго-Осетинского научно-исследовательского института краеведения, вып. I, Сталинир, 1933.



მთ. რედაქტორი აკად. ნ. მუსხელიშვილი

ხელმოწერილია დასაბუქდალ 25.1.1958; შეკვ. № 67; ანაწყოების ზომა 7×11;  
ქალაქის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 8,46;  
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 10,96; უე 04773; ტირაჟი 800

**დებულება „სსპარტიმელოს სსრ მიცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ**

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა 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 (10 საიდრიცხო-სავამოცემლო) 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 წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წაიძოსადგევად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალკე თითოეულ ენაზე, საცხდობით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა ილინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილს 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 გვერდებზე შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენილობის 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, ძეგლიძის ქ., 8**

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XX, № 1, 1958

Основное, грузинское издание