

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის  
მ ო ა მ ბ ე

ტომი XXII, № 6

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1959

ი ვ ნ ი ს ი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა  
თბილისი





# მ ი ნ ა ა რ ს ი

## მათემატიკა

- 1. ნ. ვეკუა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). კოშის ამოცანა სინგულარული ინტეგრალ-დიფერენციალური განტოლებისათვის . . . . . 641
- 2. თ. ებანოძე. ზოგიერთი არაწრფივი და სინგულარული ინტეგრალური განტოლების უსასრულო სისტემების შესახებ . . . . . 649

## ჰიღრომეტიკა

- 3. ნ. ჯორბენაძე. ბლანტი სითხის არასტაციონარული მოძრაობა ბრტყელ პარალელურ ფორიდან კედლებს შორის . . . . . 657

## ფიზიკა

- 4. ი. მამალაძე. დაგვიანების ეფექტის გათვალისწინების აუცილებლობის შესახებ რხვეითი ექსპერიმენტის საფუძველზე კრიტიკული სიჩქარის განსაზღვრისას . . . . . 665

## ბიოფიზიკა

- 5. გ. ბერიშვილი. გეომანტიური ველის ვარიაციათა შესწავლის საკითხისათვის . . . . . 671

## ჰიმიი

- 6. ქრ. არეშიძე. ციკლოპუნტანის ჰომოლოგების იზომერიების რეაქციის მექანიზმი . . . . . 675

## გეოგრაფია

- 7. დ. წერეთელი. ყინვარების ცვლელბადობა კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე უკანასკნელი 20—25 წლის განმავლობაში . . . . . 681

## ბიოლოგია

- 8. ზ. ოთხმეხური. ამთხელის ტყვია-თუთიის მადნეული ველის მადნეული სხეულების ფორმირების თავისებურებანი . . . . . 689

## ჰიტროგრაფია

- 9. შ. ჯავახიშვილი. ყარაჩაევსკის რაიონის სერპენტინიტების ასაკის შესახებ . . . . . 695

## ტიქნიკა

- 10. ა. ქანიშვილი. ჰაერის ბუშტულების ჰიდრაულიკური სიმსხვილე მათი ურთიერთქმედების პირობებში . . . . . 699
- 11. ბ. ცერცვაძე, გ. ჩიკოძე და თ. გაჩეჩილაძე. სიტყვათწარმოქმნის მათემატიკური თეორიის გამოყენება ქართული ენისათვის . . . . . 705

## სამშენებლო საქმი

- 12. ლ. მუხაძე. დამრეცი გარსების ანგარიშის ზოგიერთი კერძო შემთხვევა . . . . . 711

## სამედიკო საქმი

- 13. თ. უკლება. ფენის გადაადგილების ჰორიზონტული პროექციის განსაზღვრის გრაფიკული მეთოდი . . . . . 719

## ბოტანიკა

- 14. ზ. დვინიანიძე. ოჯახ მიხაისებრთა ტრიბა *Lynidae* A. Br.-ს წარმომადგენელთა პლაცენტაციის შესწავლისათვის . . . . . 723

## ზოოლოგია

- 15. თ. მუსხელიშვილი. სვანეთის ბატრახო-ჰერპეტოლოგიური ფაუნისათვის . . . . . 729
- 16. მ. მაჩაბელი. პლანზაში ჰაეროვან-მშრალი ფიბრინის რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდისათვის . . . . . 733

## კლინიკური მედიცინა

- 17. ნ. კალანდაძე. ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილების სტრუქტურული ცვლილებანი ღვიძლის კიბოს დროს . . . . . 737
- 18. ლ. მესხი. ადამიანის ზოგადი გაზთაცვლის შედარებითი შესწავლა „კლასიკური“ და „დღზირებული სუნთქვის“ მეთოდით . . . . . 743

## ენათმეცნიერება

- 19. ალ. მაჭომეტოვი. გრამატიკული კლას-კატეგორიის შესახებ ტაბასარაწულენაში . . . . . 751

## ხელოვნების ისტორია

- 20. პ. ზაქარაია. თავდაცვით ნაგებობებთან ძაონის კავშირის საკითხისათვის გვიანი შუასაუკუნეების საქართველოში . . . . . 759
- ოცდამეორე ტომის შინაარსი . . . . . 767
- ავტორთა საძიებელი . . . . . 773



6. ვეკუა

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

კოზის ამოცანა სინგულარული ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებისათვის

განვიხილოთ სინგულარული ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლება

$$\sum_{k=0}^m \left[ a_k(t_0) \rho^{(k)}(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\Gamma_k(t_0, t) \rho^{(k)}(t) dt}{t - t_0} \right] = f(t_0), \quad (1)$$

სადაც  $L$  გახსნილი გლუვი კონტურია  $z = x + iy$  კომპლექსური ცვლადის სიბრტყეზე;  $a_k(t_0)$ ,  $\Gamma_k(t_0, t)$ ,  $f(t_0)$   $L$  კონტურზე მოცემული ფუნქციებია, რომელიც აკმაყოფილებენ  $H$  (ჰელდერის) პირობას,

$$\rho^{(k)}(t) = \frac{d^k \rho(t)}{dt^k} \quad (k = 0, 1, \dots, m),$$

$\rho^{(0)}(t) = \rho(t)$  საძიებელი ფუნქციაა.

წინამდებარე შენიშვნაში განიხილება კოზის შემდეგი ამოცანა: მოვინახოთ (1) განტოლების ისეთი ამოხსნა  $\rho(t)$ , რომელიც შემდეგ პირობებს აკმაყოფილებს:

$$\rho^{(k)}(t^*) = \rho_0^{(k)} \quad (k = 0, 1, \dots, m-1), \quad (2)$$

სადაც  $t^*$  წარმოადგენს  $L$  კონტურის გარკვეულ წერტილს,  $\rho_0^{(k)}$  ნებისმიერად მოცემული მუდმივებია.

ფრედჰოლმის ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებებს და აგრეთვე (1) სახის სინგულარულ ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებებს მრავალი ავტორი შეისწავლიდა [1-14]. კოზის ამოცანას ფრედჰოლმის ტიპის ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებისათვის განიხილავდნენ ვ. ნიკოლენკო [2], ი. ბიკოვი [4], ვ. ვასილევი [7] და სხვები.

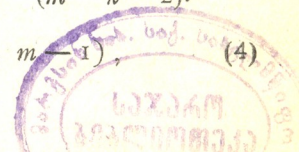
ვიყენებთ რა ჩვენ მიერ [12] შრომაში მიღებულ შედეგებს, ქვემოთ ვიძლევიტ (გარკვეულ პირობებში) (1) სახის სინგულარული ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებისათვის კოზის ამოცანის ამოხსნის მარტივ წესს.

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას

$$\rho^{(m)}(t) = \mu(t), \quad (3)$$

ადვილად მივიღებთ (იხ. [12], § 3)

$$\rho^{(k)}(t) = \int_L \omega_{m-k-1}(t, t_1) \mu(t_1) dt_1 + C_1 \frac{(t-t^*)^{m-k-1}}{(m-k-1)!} + C_2 \frac{(t-t^*)^{m-k-2}}{(m-k-2)!} + \dots + C_{m-k-1} (t-t^*) + C_{m-k} \quad (k = 0, 1, \dots, m-1), \quad (4)$$





სადაც  $C_1, C_2, \dots, C_m$  ნებისმიერი მუდმივებია,

$$\omega_k(t, t_1) = \int_L \omega(t, \tau) \omega_{k-1}(\tau, t_1) d\tau \quad (k = 1, 2, \dots, m-1),$$

ამასთან  $\omega(t, \tau) = 1$ , როცა  $\tau \in t^*t$  და  $\omega(t, \tau) = 0$ , როცა  $\tau \notin t^*t$ ,  
 $\omega_0(t, \tau) = \omega(t, \tau)$ .

მე-(3) და მე-(4)-ის ძალით, (1) განტოლება ასე შეიძლება გადავწეროთ:

$$a_m(t_0)\mu(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\Gamma_m(t_0, t)\mu(t) dt}{t-t_0} + \int_L K(t_0, t)\mu(t) dt = F(t_0), \quad (5)$$

სადაც

$$K(t_0, t) = \sum_{k=0}^{m-1} a_k(t_0) \omega_{m-k-1}(t_0, t) + \sum_{k=0}^{m-1} \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\Gamma_k(t_0, \tau) \omega_{m-k-1}(\tau, t) d\tau}{\tau-t_0},$$

$$F(t_0) = f(t_0) - \sum_{k=0}^{m-1} a_k(t_0) \sum_{j=1}^{m-k} C_j \frac{(t_0-t^*)^{m-k-j}}{(m-k-j)!}$$

$$- \sum_{k=0}^{m-1} \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\Gamma_k(t_0, t)}{t-t_0} \left( \sum_{j=1}^{m-k} C_j \frac{(t-t^*)^{m-k-j}}{(m-k-j)!} \right) dt, \quad (6)$$

ამასთან, როგორც ჩვეულებრივ, ვდებულობთ  $0! = 1$ .

მე-(6) ფორმულიდან ადვილად მიიღება, რომ

$$F(t_0) = f(t_0) - \sum_{k=1}^m C_k \chi_k(t_0), \quad (7)$$

სადაც

$$\chi_k(t_0) = a_0(t_0) \frac{(t_0-t^*)^{m-k}}{(m-k)!} + a_1(t_0) \frac{(t_0-t^*)^{m-k-1}}{(m-k-1)!} + \dots$$

$$+ a_{m-k-1}(t_0) (t_0-t^*) + a_{m-k}(t_0) + \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \Gamma_0(t_0, t) \frac{(t-t^*)^{m-k}}{(m-k)!} \right.$$

$$+ \Gamma_1(t_0, t) \frac{(t-t^*)^{m-k-1}}{(m-k-1)!} + \dots + \Gamma_{m-k-1}(t_0, t) (t-t^*)$$

$$\left. + \Gamma_{m-k}(t_0, t) \right] \frac{dt}{t-t_0} \quad (8)$$

$$(k = 1, 2, \dots, m).$$

მოვითხოვთ, რომ  $a_m(t_0) + \Gamma_m(t_0, t_0)$  და  $a_m(t_0) - \Gamma_m(t_0, t_0)$  განსხვავებული იყოს ნულისაგან ყველგან  $L$ -ზე. მაშინ (5) წარმოადგენს ნორმალური ტიპის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებას. ეს განტოლება, ცხადია, გარკვეული აზრით, (1) განტოლების ექვივალენტურია.



მე-(2) პირობების ძალით მე-(4)-დან ვღებულობთ

$$C_{m-k} = \rho^{(k)}(t^*) = \rho_0^{(k)} \quad (k = 0, 1, \dots, m-1), \quad (9)$$

ამიტომ მე-(5) განტოლება ასე შეიძლება გადავწეროთ:

$$\begin{aligned} T\mu &\equiv a_m(t_0)\mu(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\Gamma_m(t_0, t)\mu(t) dt}{t-t_0} + \int_L K(t_0, t)\mu(t) dt \\ &= f(t_0) - \sum_{k=1}^m \rho_0^{(m-k)} \chi_k(t_0), \end{aligned} \quad (10)$$

სადაც  $\rho_0^{(m-k)}$  კოშის საწყისი მონაცემებია.

განვიხილოთ პირველად შემთხვევა  $\Gamma_m(t_0, t_0) = 0$ . ამ შემთხვევაში მე-(10) წარმოადგენს ფრედჰოლმის მეორე გვარის განტოლებას.

ზემოთ მოყვანილი შედეგების საფუძველზე ადვილად დამტკიცდება შემდეგი თეორემის საშარტილიანობა:

თეორემა 1. თუ  $\Gamma_m(t_0, t_0) = 0$  და მე-(10) განტოლების შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას არა აქვს ნულისაგან განსხვავებული ამოხსნა, მაშინ კოშის ამოცანას (1) სინგულარული ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებისათვის აქვს ერთადერთი ამოხსნა ნებისმიერი საწყისი მონაცემებისათვის და ეს ამოხსნა მოიცემა ფორმულით

$$\begin{aligned} \rho(t) &= \int_L \omega_{m-1}(t, \tau)\mu(\tau) d\tau + \rho_0^{(m-1)} \frac{(t-t^*)^{m-1}}{(m-1)!} + \rho_0^{(m-2)} \frac{(t-t^*)^{m-2}}{(m-2)!} \\ &+ \dots + \rho_0^{(1)}(t-t^*) + \rho_0^{(0)}, \end{aligned} \quad (11)$$

სადაც  $\mu(t)$  წარმოადგენს ფრედჰოლმის მე-(10) განტოლების ამოხსნას.

ვთქვათ, ახლა  $T\mu = 0$  ერთგვაროვან განტოლებას აქვს ნულისაგან განსხვავებული ამოხსნები. აღვნიშნოთ  $v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)$ -თი

$$T'v = 0 \quad (12)$$

მიკავშირებული ერთგვაროვანი განტოლების წრფივად დამოუკიდებელ ამოხსნათა სრული სისტემა.

ცხადია, მე-(10) განტოლების ამოხსნადობის აუცილებელ და საკმარის პირობებს აქვთ სახე

$$\sum_{k=1}^m \alpha_{jk} \rho_0^{(m-k)} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (13)$$

სადაც

$$\alpha_{jk} = \int_L \chi_k(t) v_j(t) dt \quad (j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m), \quad (14)$$

$$b_j = \int_L f(t) v_j(t) dt \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (15)$$



აღნიშნოთ  $r$ -ით ( $r \leq n$ ,  $r \leq m$ )  $\| \alpha_{jk} \|$  ( $j = 1, \dots, n$ ;  $k = 1, \dots, m$ ) მატრიცის რანგი. ზოგადობის შეუზღუდველად შეიძლება ვიგულისხმოთ, რომ დეტერმინანტი

$$\Delta_0 = | \alpha_{jk} | \quad (j, k = 1, 2, \dots, r), \quad (16)$$

განსხვავებულია ნულისაგან.

როგორც ცნობილია, მე-(13) სისტემის  $\rho_0^{(m-k)}$  ( $k = 1, \dots, m$ ) სიდიდეების მიმართ ამოხსნადობისათვის აუცილებელია და საკმარისი შემდეგი პირობების შესრულება

$$l_{j1} b_1 + l_{j2} b_2 + \dots + l_{jr} b_r + \Delta_0 b_{r+j} = 0 \quad (17)$$

$$(j = 1, 2, \dots, n-r),$$

სადაც  $l_{jk}$  გარკვეული მუდმივებია. მე-(15)-ის ძალით, ეს პირობები შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$$\int_L \eta_j(t) f(t) dt = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n-r), \quad (18)$$

სადაც

$$\eta_j(t) = l_{j1} v_1(t) + l_{j2} v_2(t) + \dots + l_{jr} v_r(t) + \Delta_0 v_{r+j}(t) \quad (19)$$

$$(j = 1, 2, \dots, n-r).$$

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ  $v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)$  ფუნქციები წრფივად დამოუკიდებელია, ადვილად დამტკიცდება, რომ  $\eta_1(t), \eta_2(t), \dots, \eta_{n-r}(t)$  ფუნქციებიც წრფივად დამოუკიდებელია.

თუ მე-(18) პირობები შესრულებულია, მაშინ მე-(13) სისტემა ამოხსნადია და, როგორც ადვილად მიიღება,  $\rho_0^{(m-1)}, \rho_0^{(m-2)}, \dots, \rho_0^{(0)}$  მუდმივებიდან  $r$  რაოდენობა გამოისახება წრფივად დანარჩენი  $m-r$ -ის საშუალებით. ცხადია აგრეთვე, რომ მე-(18) პირობები წარმოადგენს მე-(10) განტოლების (რომელშიაც  $\rho^{(m-k)}$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) აკმაყოფილებენ მე-(13) სისტემას) ამოხსნადობის აუცილებელ და საკმარის პირობებს.

ადვილად მიიღება აგრეთვე, რომ  $\rho_0^{(m-k)}$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) მუდმივების ნებისმიერი ნიშვნელოვნებისათვის მე-(10) განტოლება ამოხსნადი იქნება მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა შესრულებულია პირობები

$$\alpha_{jk} = \int_L \chi_k(t) v_j(t) dt = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m), \quad (20)$$

$$b_j = \int_L f(t) v_j(t) dt = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (21)$$

ზემომოყვანილი მსჯელობიდან  $\Gamma_m(t_0, t_0) = 0$  შემთხვევისათვის გამომდინარეობს შემდეგი თეორემების სამართლიანობა.

თეორემა 2. თუ  $T\mu = 0$  ერთგვაროვან განტოლებას აქვს  $n$  წრფივად დამოუკიდებელი ამოხსნა, მაშინ კოშის ამოცანას ნებისმიერი  $\rho_0^{(m-k)}$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) საწყისი მონაცემებისათვის აქვს ამოხსნა მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა შესრულებულია



ბულია (20) და (21) პირობები. ამ პირობების შესრულების შემთხვევაში ამოცანას აქვს უსასრულო რაოდენობა ამოხსნებისა, რომლებიც მიიღება ფორმულიდან

$$\rho(t) = \int_L \omega_{m-1}(t, \tau) \mu_0(\tau) d\tau + \sum_{k=1}^n C_k \int_L \omega_{m-1}(t, \tau) \mu_k(\tau) d\tau + \rho_0^{(m-1)} \frac{(t-t^*)^{m-1}}{(m-1)!} + \rho_0^{(m-2)} \frac{(t-t^*)^{m-2}}{(m-2)!} + \dots + \rho_0^{(1)}(t-t^*) + \rho_0^{(0)}, \quad (22)$$

სადაც  $\mu_0(\tau)$  წარმოადგენს მე-(10) არაერთგვაროვანი განტოლების გარკვეულ კერძო ამოხსნას,  $\mu_k(\tau)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) სრული სისტემაა  $T\mu = 0$  განტოლების წრფივად დამოუკიდებელი ამოხსნებისა,  $C_k$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) ნებისმიერი მუდმივებია.

ამ თეორემიდან გამომდინარეობს შედეგი:

ნებისმიერი საწყისი მონაცემებისათვის კოშის ამოცანას აქვს ერთადერთი ამოხსნა მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა  $n = 0$ .

თეორემა 3. თუ  $T\mu = 0$  ერთგვაროვან განტოლებას აქვს  $n$  ამოხსნა, მაშინ კოშის ამოცანას ნებისმიერი საწყისი მონაცემებისათვის საზოგადოდ არა აქვს ამოხსნა, მაგრამ, თუ შესრულებულია მე-(18) პირობები, მაშინ ამოხსნა აქვს (არა ერთადერთი) კოშის სპეციალურ ამოცანას, როცა

$$\rho_0^{(m-k)} \quad (k = 1, 2, \dots, m)$$

საწყისი მონაცემებიდან ნებისმიერად მოიცემა  $m - r$  რაოდენობა, ხოლო დანარჩენი გამოისახება მათი საშუალებით გარკვეული წრფივი კანონით. ამ შემთხვევაში კოშის ხსენებული სპეციალური ამოცანის ამოხსნები ისევ (22) ფორმულიდან მიიღება.

განვიხილოთ ახლა ზოგადი შემთხვევა, როცა  $\Gamma_m(t_0, t_0) \neq 0$ . ამ შემთხვევაში მე-(10) წარმოადგენს კარგად შესწავლილ (იხ. [15], თავი 5) სინგულარულ ინტეგრალებს განტოლებას.

მე-(10) ის მიკავშირებულ ერთგვაროვან განტოლებას აქვს სახე

$$T'\sigma \equiv a_m(t_0) \sigma(t_0) - \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\Gamma_m(t, t_0) \sigma(t) dt}{t - t_0} + \int_L K(t, t_0) \sigma(t) dt = 0. \quad (23)$$

შემოვიღოთ ზოგიერთი განმარტება.

ჩვენ ვიტყვი, რომ  $L = ab$  კონტურზე განსაზღვრული  $\mu(t)$  ფუნქცია ეკუთვნის  $H^*$  კლასს, თუ ის აკმაყოფილებს  $H$  პირობას კონტურის შიგნით, ხოლო ყოველ  $c$  ბოლო წერტილის მახლობლად წარმოიდგინება ფორმულით

$$\mu(t) = \frac{\mu^*(t)}{(t-c)^\alpha} \quad (0 \leq \alpha < 1),$$

სადაც  $\mu^*(t)$  აკმაყოფილებს  $H$  პირობას. თუ ამ წარმოდგენას ადგილი აქვს რაგინდ მცირე  $\alpha$ -სათვის, მაშინ ვიტყვით, რომ  $\mu(t)$  ეკუთვნის  $H^*$  კლასს.  $H^*$  და  $H^*$  კლასებს შეუღლებულ კლასებს ვუწოდებთ.

მე-(10) განტოლების ამოხსნა ვეძებთ  $H^*$  კლასში, ხოლო (23) მიკავშირებული ერთგვაროვანი განტოლების ამოხსნა— $H^*$  კლასში.

სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების ცნობილი თეორიის ძალით, მე-(10) განტოლების ამოხსნადობისათვის აუცილებელია და საკმარისი შემდეგი პირობების შესრულება

$$\sum_{j=1}^m \beta_{jk} \rho_0^{(m-k)} = \gamma_j \quad (j = 1, 2, \dots, l'), \quad (24)$$

სადაც

$$\beta_{jk} = \int_L \chi_k(t) \sigma_j(t) dt \quad (j = 1, 2, \dots, l'; k = 1, 2, \dots, m),$$

$$\gamma_j = \int_L f(t) \sigma_j(t) dt \quad (j = 1, 2, \dots, l'),$$

ამასთან  $\sigma_1(t), \sigma_2(t), \dots, \sigma_l(t)$  წარმოადგენენ (23) განტოლების წრფივად დამოუკიდებელ ამოხსნათა სრულ სისტემას.

როგორც ცნობილია, ადგილი აქვს ტოლობას

$$l - l' = \alpha, \quad (25)$$

სადაც  $\alpha$  არის მე-(10) განტოლების  $H^*$  კლასის ინდექსი,  $l$  არის  $T\mu = 0$  განტოლების წრფივად დამოუკიდებელი ამოხსნების რიცხვი. (24) და (25)-ის საფუძველზე ადგილი აქვს შემდეგ თეორემას:

თეორემა 4. კოშის ამოცანას (1) სინგულარული ინტეგრალდიფერენციალური განტოლებისათვის ნებისმიერი საწყისი მონაცემებით აქვს ერთადერთი ამოხსნა მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა შესრულებულია პირობები

$$\beta_{jk} = \int_L \chi_k(t) \sigma_j(t) dt = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, l'; k = 1, 2, \dots, m), \quad (26)$$

$$\gamma_j = \int_L f(t) \sigma_j(t) dt = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, l'), \quad (27)$$

$$l' = -\alpha. \quad (28)$$

როცა ეს პირობები შესრულებულია, ამოცანის ამოხსნა მოიცემა მე-(11) ფორმულით, რომელშიაც  $\mu$  არის არაერთგვაროვანი მე-(10) განტოლების ერთადერთი ამოხსნა ( $\rho_0^{(m-k)}$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) სიდიდეების მოცემული მნიშვნელობისათვის).

როგორც ადგილი მისახვედრია, (26) და (27) პირობები უზრუნველყოფენ ნებისმიერი საწყისი მონაცემებისათვის კოშის ამოცანის ამოხსნის არსებობას, ხოლო (28) პირობა—ამოხსნის ერთადერთობას.



დავუშვათ ახლა, რომ ამ დებულების პირობები არ არის შესრულებული და აღვნიშნოთ  $r'$ -ით ( $r' \leq l$ ,  $r' \leq m$ )  $\| \beta_{jk} \|$  მატრიცის რანგი. თუ ისე მოვიქცევით, როგორც ზემოთ, დავრწმუნდებით, რომ (24) სისტემის ამოხსნადობისათვის (და, მაშასადამე, მე-(10) სინგულარული განტოლების ამოხსნადობისათვის) აუცილებელია და საკმარისი შემდეგი პირობების შესრულება:

$$\int_L \eta'_j(t) f(t) dt = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, l - r'), \quad (29)$$

სადაც

$$\eta'_j(t) = l'_{j1} \sigma_1(t) + l'_{j2} \sigma_2(t) + \dots + l'_{jr'} \sigma_{r'}(t) + \Delta'_0 \sigma_{r'+j}(t), \\ (j = 1, 2, \dots, l' - r').$$

ამასთან  $l'_{jk}$ ,  $\Delta'_0$  გარკვეული მუდმივებია. თუ მე-(29) პირობები შესრულებულია, მაშინ მე-(24) სისტემა ამოხსნადია და  $\rho_0^{(m-1)}$ ,  $\rho_0^{(m-2)}$ , ...,  $\rho_0^{(0)}$  მუდმივებიდან  $r'$  რაოდენობა გამოისახება წრფივად დანარჩენი  $m - r'$ -ის საშუალებით. ახლა ადვილად დამტკიცდება შემდეგი თეორემა.

თეორემა 5. თუ  $l \neq 0$  და  $l' \neq 0$ , მაშინ კოშის ამოცანას (1) სინგულარული ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებისათვის, საზოგადოდ, არა აქვს ამოხსნა, მაგრამ, თუ შესრულებულია (29) პირობები, მაშინ ამოხსნა აქვს (არა ერთადერთი) კოშის სპეციალურ ამოცანას, როცა  $\rho^{(m-k)}$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) საწყისი მონაცემებიდან ნებისმიერად მოიცემა  $m - r'$  რაოდენობა, ხოლო დანარჩენი გამოისახება მათი საშუალებით წრფივად. ეს ამოხსნები მიიღება ფორმულიდან

$$\rho(t) = \int_L \omega_{m-1}(t, \tau) \mu_0(\tau) d\tau + \sum_{k=1}^l C'_k \int_L \omega_{m-1}(t, \tau) \mu_k(\tau) d\tau \\ + \rho_0^{(m-1)} \frac{(t - t^*)^{m-1}}{(m-1)!} + \rho_0^{(m-2)} \frac{(t - t^*)^{m-2}}{(m-2)!} + \dots + \rho_0^{(1)}(t - t^*) + \rho_0^{(0)}, \quad (30)$$

სადაც  $\mu_0(\tau)$  მე-(10) განტოლების გარკვეული კერძო ამოხსნაა,  $\mu_k(\tau)$  ( $k = 1, 2, \dots, l$ ) წარმოადგენენ  $T\mu = 0$  ერთგვაროვანი განტოლების წრფივად დამოუკიდებელ ამოხსნათა სრულ სისტემას,  $C'_k$  ( $k = 1, 2, \dots, l$ ) ნებისმიერი მუდმივებია.

შევნიშნოთ, რომ, თუ  $l = 0$ , მაშინ (29) პირობები არა გვაქვს და კოშის ამოცანას ყოველთვის ექნება ამოხსნა ნებისმიერი საწყისი მონაცემებისათვის, მაგრამ ამოხსნა, საზოგადოდ, არ იქნება ერთადერთი (ამოხსნა იქნება ერთადერთი, თუ  $l = 0$ ).

ბოლოს შევნიშნოთ, რომ სავსებით ანალოგიურად იხსნება კოშის ამოცანა სინგულარულ ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემისათვის და აგრეთვე იმ შემთხვევაში, როცა  $L$  წარმოადგენს გახსნილი და შეკრული გლუვი კონტურების სასრულ ერთობლიობას.

როგორც ადვილი მისახვედრია, სინგულარული ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებისათვის კოშის ამოცანის ამოხსნა საწყისი მონაცემებზე

წრფივად არის დამოკიდებული, ამიტომ 1 და 4 თეორემის პირობებში, ცხადია, კოშის ამოცანა კორექტულია, ხოლო სხვა თეორემების პირობებში კოშის ამოცანა კორექტულია გარკვეული აზრით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.2.1959)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. И. Некрасов. Об одном классе линейных интегро-дифференциальных уравнений. Труды ЦАГИ, № 190, 1934.
2. В. Н. Николенко. Задача Коши для интегро-дифференциального уравнения типа Фредгольма. Успехи матем. наук, т. VII, вып. 5 (51), 1952.
3. Т. И. Виграненко. О решениях одного класса линейных интегро-дифференциальных уравнений. Записки Ленинградского горного института, т. XXVI, вып. 1, 1952.
4. Я. В. Быков. Об одном классе линейных интегро-дифференциальных уравнений. Доклады АН СССР, т. 56, № 2, 1952.
5. Т. И. Виграненко. О решениях одного класса интегро-дифференциальных уравнений. Труды института математики и механики АН Узб. ССР, т. 10, вып. 2, 1953.
6. В. В. Васильев. Решение линейных обобщенных интегро-дифференциальных уравнений. Прикладная мат. и механика, т. XV, вып. 5, 1951.
7. В. В. Васильев. Решение задачи Коши для линейных интегро-дифференциальных уравнений. Труды Иркутского гос. универс. вып. 2, т. XV, 1957.
8. Л. Г. Магнардзе. Об одной системе линейных сингулярных интегро-дифференциальных уравнений и о линейной граничной задаче Римана. Сообщения АН ГССР, т. IV, № 1, 1943.
9. Л. Г. Магнардзе. Теория одного класса линейных сингулярных интегро-дифференциальных уравнений и её применения к задаче колебания крыла аэроплана конечного размаха, удара о поверхность воды и аналогичным. Сообщения АН ГССР, т. IV, № 2, 1943.
10. Ю. М. Крикунов. О решении обобщенной краевой задачи Римана и линейного сингулярного интегро-дифференциального уравнения. Доклады АН СССР, т. XXXV, № 2, 1952.
11. Ю. М. Крикунов. Обобщенная краевая задача Римана и линейное сингулярное интегро-дифференциальное уравнение. Ученые записки Казанского гос. универс., т. 116, книга 4, 1956.
12. Н. П. Векуа. Об одной системе сингулярных интегро-дифференциальных уравнений и её приложение в граничных задачах линейного сопряжения. Труды Тбилис. мат. ин-та, т. XXIV, 1957.
13. Н. П. Векуа. Об одной дифференциальной граничной задаче линейного сопряжения для нескольких неизвестных функций в случае разомкнутых контуров. Сообщения АН ГССР, т. XXI, № 5, 1958.
14. Р. С. Исханов. Дифференциальная граничная задача линейного сопряжения и её применение в теории интегро-дифференциальных уравнений. Сообщения АН ГССР, т. XX, № 6, 1958.
15. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. Гостехиздат. М.—Л., 1946.



თ. ვახანიძე

ზოგიერთი არაწრფივი რიგბუღარული და სინგულარული  
ინტეგრალური განტოლებების უსასრულო სისტემების  
შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ჭოღოშვილმა 16.11.1958)

განვიხილოთ არაწრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა უსასრულო სისტემა

$$y_i(P) = F_i \left( P, \lambda \int_{G_m} K_1(P, Q, y_1(Q), y_2(Q), \dots) dQ, \right. \\ \left. \lambda \int_{G_m} K_2(P, Q, y_1(Q), y_2(Q), \dots) dQ, \dots \right), \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots,$$

სადაც  $G_m$  არის  $m$ -განზომილებიანი არე,  $\lambda$ —პარამეტრი,  $F_i$  და  $K_i$  ( $i=1, 2, \dots$ )—მოცემული, ხოლო  $y_i$  ( $i=1, 2, \dots$ )—საძიებელი ფუნქციები.

ა. ტიხონოვი [1] გამოიკვლია ვოლტერას ტიპის არაწრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა უსასრულო სისტემა

$$y_i(x) = \int_{x_0}^x F_i(t, y_1(t), y_2(t), \dots) dt + y_i^0, \quad i = 1, 2, \dots,$$

რომლის ამოხსნაზე დაიყვანება კოშის ამოცანის ამოხსნა ჩვეულებრივ არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა უსასრულო სისტემისათვის.

ვ. ნემიციკი [2] დაადგინა (1) სახის ერთი განტოლების ამოხსნის არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები.

(1) სახის სასრული სისტემები ზოგიერთ კერძო შემთხვევაში განხილულია [3, 4] შრომებში.

ა. ტიხონოვის ცნობილი პრინციპის დახმარებით ბ. ნიკიტინმა [5] გამოიკვლია არაწრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა უსასრულო სისტემის ამოხსნის არსებობის საკითხი. ეს სისტემა (1) სისტემის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს<sup>(1)</sup>.

წინამდებარე სტატიაში მოგვყავს არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები (1) სისტემისათვის ჩვენ მიერ ქვემოთ შემოღებულ  $C_{\infty, R}$  და

(1 ბ. ნიკიტინი მოხერხებულად იყენებს მის მიერ შემოღებულ ტოპოლოგიურ სივრცეს სპეციალური მეტრიკით ოპერატორულ განტოლებათა გამოსაკვლევად. ანალოგიური მეტრიკით სარგებლობს დ. პ. შვედოვსკაია-აროლდოვიჩი [8] ერთგანზომილებიან სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა უსასრულო სისტემის გამოკვლევისას.

$L_{\alpha, R}^p (p > 1)$  ფუნქციონალურ სივრცეებში. შემდეგ, განვიხილავთ არაწრფივ სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებას

$$u(P) = F \left( P, \lambda \int_{G_m} \frac{\Omega(P-Q) K(Q, u(Q))}{r^m(P, Q)} dQ \right), \quad (2)$$

სადაც  $G_m - m$ -განზომილებიანი ევკლიდის სივრცის ნებისმიერი ზომადი სიმრავლეა,  $r$  მანძილია  $G_m$  სიმრავლის  $P$  და  $Q$  წერტილებს შორის,  $\lambda$  პარამეტრია,  $F, K, \Omega$  მოცემული ფუნქციებია,  $u$  საძიებელი ფუნქციაა და ინტეგრალი აღებულია კომის მთავარი წნიშვნელობის აზრით.

ერთი დამოუკიდებელი ცვლადის შემთხვევაში არაწრფივი სინგულარული ინტეგრალური განტოლება და ასეთ განტოლებათა სისტემა  $L^p (p > 1)$  სივრცეში ა. აბასოვიძე [7] გამოიკვლია.

ქვემოთ მოგვყავს არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები (2) განტოლებისათვის, აგრეთვე (2) სახის განტოლებათა სასრული და უსასრულო სისტემებისათვის  $L^p$  და  $L_{\alpha, R}^p (p > 1)$  სივრცეებში შესაბამისად. რამდენადაც ვიცით, მრავალი დამოუკიდებელი ცვლადის შემთხვევაში არაწრფივი სინგულარული ინტეგრალური განტოლებები აქ პირველად განიხილება.

1. ვთქვათ,  $G_m$  არის  $m$ -განზომილებიანი ევკლიდის სივრცის შემოსაზღვრული ჩაკეტილი სიმრავლე. ვთქვათ, გვაქვს არგუმენტთა თვლად რიცხვზე დამოკიდებული ფუნქცია<sup>1</sup>

$$F(P, z_1, z_2, \dots) \equiv F(P, Z), \quad (Z \equiv z_1, z_2, \dots),$$

რომელიც განსაზღვრულია, როცა

$$P \in G_m, \quad -\infty < z_1, z_2, \dots < +\infty.$$

განსაზღვრება 1.  $F(P, Z)$  ფუნქცია უწყვეტია  $(P, Z)$ -ის მიმართ, თუ ნებისმიერ  $\varepsilon > 0$  რიცხვისათვის მოიძებნება ისეთი  $\delta > 0$ , რომ

$$|F(P', Z') - F(P'', Z'')| < \varepsilon,$$

როცა

$$r(P', P'') < \delta, \quad |z'_i - z''_i| < \delta, \quad i = 1, 2, \dots,$$

სადაც  $r(P', P'')$  მანძილია  $G_m$  სიმრავლის  $P'$  და  $P''$  წერტილებს შორის.

**ლემა 1.** თუ  $F(P, Z)$  ფუნქცია უწყვეტია  $(P, Z)$ -ის მიმართ, ხოლო  $\psi_1(P), \psi_2(P), \dots \equiv \Psi(P) - G_m$ -ზე თანაბარხარისხოვნად უწყვეტი ფუნქციათა ოჯახია, მაშინ  $F(P, \Psi(P))$  ფუნქცია უწყვეტია  $G_m$ -ზე.

განვიხილოთ ფუნქციათა უსასრულო მიმდევრობა  $\{K_i\}$ ,

$$K_i(P, Q, y_1, y_2, \dots) \equiv K_i(P, Q, Y), \quad (Y \equiv y_1, y_2, \dots, i = 1, 2, \dots),$$

როცა

$$P \in G_m, Q \in G_m, \quad -\infty < y_1, y_2, \dots < +\infty.$$

ვთქვათ,  $\{K_i\}$  მიმდევრობის ყოველი ფუნქცია უწყვეტია  $(P, Q, Y)$ -ის მიმართ და ეს მიმდევრობა თანაბარხარისხოვნად უწყვეტია  $P$ -ს მიმართ, თანაბრად  $Q \in G_m$  და  $y_1, y_2, \dots$  ცვლადთა მიმართ.

<sup>1</sup> ასეთი ფუნქციების ზოგიერთი თვისების შესახებ იხ. [1].





**ლემა 2.** თუ  $\{K_i\}$  მიმდევრობა აკმაყოფილებს ჩამოთვლილ პირობებს, ხოლო  $y_1(Q), y_2(Q), \dots \equiv Y(Q) - G_m$ -ზე თანაბარხარისხოვნად უწყვეტი ფუნქციათა ოჯახია, მაშინ

$$\psi_i(P) \equiv \int_{G_m} K_i(P, Q, Y(Q)) dQ, \quad i = 1, 2, \dots$$

რიმანის ინტეგრალით წარმოდგენილ ფუნქციათა მიმდევრობა თანაბარხარისხოვნად უწყვეტია  $G_m$ -ზე.

II. ვთქვათ,  $G_m$   $m$ -განზომილებიანი ევკლიდის სივრცის შემოსაზღვრული ზომადი სიმრავლეა. მ. ვაინბერგის მიხედვით (იხ. [6], გვ. 197), შემოვიღოთ შემდეგი

განსაზღვრება 2.  $F(P, Z)$  ფუნქციას აქვს გაძლიერებული  $C$ -თვისება, თუ როგორც არ უნდა იყოს  $\varepsilon > 0$ , მოიძებნება ისეთი ჩაკეტილი სიმრავლე  $F_m \subset G_m$ ,  $\text{mes } F_m > \text{mes } G_m - \varepsilon$ , რომ  $F_m \times Z$  ტოპოლოგიურ ნამრავლზე ეს ფუნქცია უწყვეტია  $(P, Z)$ -ის მიმართ.

განსაზღვრება 3.  $G_m$ -ზე ზომად და თითქმის ყველგან სასრულ  $\varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots$  ფუნქციათა მიმდევრობა თანაბარხარისხოვნად ზომადია, თუ როგორც არ უნდა იყოს  $\varepsilon > 0$ , მოიძებნება ისეთი ჩაკეტილი სიმრავლე  $F_m \subset G_m$ ,  $\text{mes } F_m > \text{mes } G_m - \varepsilon$ , რომ  $F_m$ -ზე  $\varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots$  მიმდევრობა თანაბარხარისხოვნად უწყვეტია.

**ლემა 3.** თუ  $F(P, Z)$  ფუნქციას აქვს გაძლიერებული  $C$ -თვისება, ხოლო  $\psi_1(P), \psi_2(P), \dots$  მიმდევრობა თანაბარხარისხოვნად ზომადია  $G_m$ -ზე, მაშინ

$$F(P, \psi_1(P), \psi_2(P), \dots) \equiv F(P, \Psi(P))$$

ფუნქცია ზომადია  $G_m$ -ზე.

ვთქვათ,  $\{K_i\}$  მიმდევრობის ყოველ ფუნქციას აქვს გაძლიერებული  $C$ -თვისება და როცა

$$P \in G_m, \quad -\infty < y_1, y_2, \dots < +\infty$$

აკმაყოფილებს უტოლობას

$$|K_i(P, Q, Y)| \leq k_i(Q), \quad i = 1, 2, \dots,$$

სადაც  $k_i(Q)$   $G_m$ -ზე ჯამებადი ფუნქციებია; ვთქვათ, შემდეგ, ეს მიმდევრობა თანაბარხარისხოვნად ზომადია  $P$ -ს მიმართ  $G_m$ -ზე თანაბრად  $Q \in G_m$  და  $y_1, y_2, \dots$  ცვლადთა მიმართ.

**ლემა 4.** თუ  $\{K_i\}$  მიმდევრობა აკმაყოფილებს ჩამოთვლილ პირობებს, ხოლო  $y_1(Q), y_2(Q), \dots \equiv Y(Q) - G_m$ -ზე თანაბარხარისხოვნად ზომადი ფუნქციათა ოჯახია, მაშინ

$$\psi_i(P) \equiv \int_{G_m} K_i(P, Q, Y(Q)) dQ, \quad i = 1, 2, \dots$$

ლებეგის ინტეგრალით წარმოდგენილ ფუნქციათა მიმდევრობა თანაბარხარისხოვნად ზომადია  $G_m$ -ზე.

III. ვთქვათ, გვაქვს დადებით რიცხვთა მიმდევრობა  $\{\alpha_i\}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ), ამასთან

$$\sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i < +\infty.$$

ვთქვათ, შემდეგ,  $\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots)$  შემოსაზღვრულ ჩაკეტილ  $G_m$  სიმრავლეზე უწყვეტ და თანაბრად შემოსაზღვრულ ფუნქციათა მიმდევრობაა. ყოველ ასეთ მიმდევრობას  $\varphi$  წერტილი ვუწოდოთ, ხოლო მიმდევრობის  $\varphi_1, \varphi_2, \dots$  ფუნქციებს —  $\varphi$  წერტილის კოორდინატები. განვიხილოთ სიმრავლე  $\{\varphi\}$  ყველა წერტილისა, რომელთა კოორდინატები  $G_m$ -ზე უწყვეტი და ერთი და იგივე  $R$  რიცხვით შემოსაზღვრულნი არიან. მანძილი ორ  $\varphi_1, \varphi_2 \in \{\varphi\}$  წერტილს შორის განვსაზღვროთ ფორმულით

$$\rho(\varphi_1, \varphi_2) = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i \max_{Q \in G_m} |\varphi_i^{(1)}(Q) - \varphi_i^{(2)}(Q)|$$

და აღვნიშნოთ მიღებული სივრცე  $C_{\alpha, R}$ -ით. როგორც ადვილი შესამოწმებელია,  $C_{\alpha, R}$  წარმოადგენს სრულ მეტრულ სივრცეს.

ვთქვათ, ახლა,  $\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots)$  შემოსაზღვრულ ზომად  $G_m$  სიმრავლეზე  $p$  ( $p > 1$ ) ხარისხად ჯამებად ფუნქციათა მიმდევრობაა. განვიხილოთ  $\{\varphi\}$  სიმრავლე ყველა წერტილისა, რომელთა კოორდინატები  $L^p$ -ს აზრით ნორმით შემოსაზღვრულია ერთი და იგივე  $R$  რიცხვით. განვსაზღვროთ ორ  $\varphi_1, \varphi_2 \in \{\varphi\}$  წერტილს შორის მანძილი ფორმულით

$$\rho(\varphi_1, \varphi_2) = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i \left\{ \int_{G_m} |\varphi_i^{(1)}(Q) - \varphi_i^{(2)}(Q)|^p dQ \right\}^{1/p}$$

და აღვნიშნოთ მიღებული სივრცე  $L_{\alpha, R}^p$ -ით. ადვილი სანახავია, რომ  $L_{\alpha, R}^p$  სრული მეტრული სივრცეა.

თეორემა 1. ვთქვათ: 1°.  $F_i(P, Z)$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ფუნქციები განსაზღვრულია, როცა  $P \in G_m$ ,  $-\infty < z_1, z_2, \dots < +\infty$ , უწყვეტია  $(P, Z)$ -ს მიმართ და აკმაყოფილებს ლიფშიციის პირობას  $z_1, z_2, \dots$  ცვლადების მიმართ:

$$|F_i(P, Z') - F_i(P, Z'')| \leq \sum_{j=1}^{\infty} A_{ij} |z'_j - z''_j|,$$

სადაც

$$0 < \sum_{j=1}^{\infty} A_{ij} < +\infty, \quad i = 1, 2, \dots$$

2°.  $K_i(P, Q, Y)$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ფუნქციები განსაზღვრულია, როცა  $P \in G_m, Q \in G_m$ ,  $-\infty < y_1, y_2, \dots < +\infty$ , უწყვეტია  $(P, Q, Y)$ -ის მიმართ, თანაბარხარისხოვნად უწყვეტია  $P$ -ს მიმართ  $G_m$ -ზე თანაბრად  $Q \in G_m$  და  $y_1, y_2, \dots$  ცვლადთა მიმართ და აკმაყოფილებენ ლიფშიციის პირობას  $y_1, y_2, \dots$  ცვლადთა მიმართ:

$$|K_i(P, Q, Y') - K_i(P, Q, Y'')| \leq \sum_{k=1}^{\infty} B_{ik} |y'_k - y''_k|,$$

სადაც

$$0 < \sum_{k=1}^{\infty} B_{ik} < +\infty, \quad i = 1, 2, \dots$$



3°.

$$\sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \alpha_i A_{ij} B_{jk} \equiv M \alpha_k, \quad k = 1, 2, \dots$$

სადაც  $M$  დადებითი რიცხვია. მაშინ (1) სისტემას აქვს ერთადერთი ამოხსნა  $C_{z, R}$  სივრცეში, როცა

$$|\lambda| < (M \text{ mes } G_m)^{-1}.$$

ანალოგიური თეორემა შეიძლება ჩამოვყალიბოთ  $L^p_{z, R}$  ( $p > 1$ ) რიცხვისათვის.

IV. ახლა განვიხილოთ (2) განტოლება.  $F, K$  და  $\Omega$  ფუნქციების შესახებ ვიგულისხმობთ შემდეგი:  $F(P, z)$  ფუნქცია განსაზღვრულია, როცა  $P \in G_m, -\infty < z < +\infty$ ; უწყვეტია  $z$ -ის მიმართ თითქმის ყველა  $P \in G_m$ -სათვის და ზომადია  $G_m$ -ზე ფიქსირებული  $z$ -სათვის,  $-\infty < z < +\infty$ ;  $K(Q, Y)$  ფუნქცია განსაზღვრულია, როცა  $Q \in G_m, -\infty < y < +\infty$ , უწყვეტია  $y$ -ის მიმართ თითქმის ყველა  $Q \in G_m$ -სათვის და ზომადია  $G_m$ -ზე ფიქსირებული  $y$ -ისათვის,  $-\infty < y < +\infty$ .  $\Omega(Q)$  ფუნქცია განსაზღვრულია მთელ  $E_m$  ევკლიდის სივრცეში, სათავის გარდა; მუდმივია სათავიდან გამოსულ ყოველ სხივზე; თუ  $S$  ერთეულრადიუსიანი სფეროა ცენტრით სათავეში,

$$\int_S \Omega(\sigma) d\sigma = 0; \quad \text{თუ } \chi(t) \text{ } \Omega \text{ ფუნქციის უწყვეტობის მოდულია,}$$

$$\int_0^a \frac{\chi(t)}{t} dt < +\infty,$$

სადაც  $a > 0$ .

როგორც კარგად ცნობილია, თუ  $\psi(P)$   $G_m$ -ზე ზომადი და თითქმის ყველგან სასრული ფუნქციაა, მაშინ  $F(P, \psi(P))$  ფუნქცია ზომადია  $G_m$ -ზე; ასევე, თუ  $\varphi(Q)$   $G_m$ -ზე ზომადი და თითქმის ყველგან სასრული ფუნქციაა,  $K(Q, \varphi(Q))$  ფუნქცია ზომადია  $G_m$ -ზე.

შემდეგ, ვთქვათ,  $F(P, 0)$  და  $K(Q, 0) \in L^p(G_m)$ ,

$$\left\{ \int_{G_m} |F(P, \psi_1(P)) - F(P, \psi_2(P))|^p dP \right\}^{1/p} \equiv A \left\{ \int_{G_m} |\psi_1(P) - \psi_2(P)|^p dP \right\}^{1/p}$$

და

$$\left\{ \int_{G_m} |K(Q, \varphi_1(Q)) - K(Q, \varphi_2(Q))|^p dQ \right\}^{1/p} \equiv B \left\{ \int_{G_m} |\varphi_1(Q) - \varphi_2(Q)|^p dQ \right\}^{1/p},$$

სადაც  $A$  და  $B$  დადებითი მუდმივებია, ხოლო  $p > 1$ . თუ  $\psi(P) \in L^p(G_m)$ , მაშინ  $F(P, \psi(P)) \in L^p(G_m)$ . ასევე, თუ  $\varphi(Q) \in L^p(G_m)$ , მაშინ

$$K(Q, \varphi(Q)) \in L^p(G_m).$$

ვთქვათ, ახლა  $\varphi(Q) \in L^p$ . მაშინ  $K(Q, \varphi(Q))$  ზომადი ფუნქციაა და  $K(Q, \varphi(Q)) \in L^p$ . ა. კალდერონისა და ა. ზიგმუნდის ცნობილი შედეგების ძალით, თუ

$$\psi(P) \equiv \int_{G_m} \frac{\Omega(P-Q) K(Q, \varphi(Q))}{r^m(P, Q)} dQ,$$

მაშინ

$$\left\{ \int_{G_m} |\phi(P)|^p dP \right\}^{1/p} \equiv M_p \left\{ \int_{G_m} |K(Q, \varphi(Q))|^p dQ \right\}^{1/p},$$

სადაც  $M_p$   $p$ -ზე დამოკიდებული მუდმივია.

თეორემა 2. თუ  $F, K$  და  $\Omega$  ფუნქციები აკმაყოფილებენ ჩამოთვლილ პირობებს და  $|\lambda| < (ABM_p)^{-1}$ , მაშინ (2) განტოლებას აქვს ერთადერთი ამოხსნა  $u(P) \in L^p(G_m)$ ,  $p > 1$ .

ანალოგიური თეორემა მიიღება სასრული სისტემისათვის.

განვიხილოთ ახლა უსასრულო სისტემა

$$u_i(P) = F_i \left( P, \lambda \int_{G_m} \frac{\Omega_1(P-Q) K_1(Q, u_1(Q), u_2(Q), \dots)}{r^m(P, Q)} dQ, \right. \\ \left. \lambda \int_{G_m} \frac{\Omega_2(P-Q) K_2(Q, u_1(Q), u_2(Q), \dots)}{r^m(P, Q)} dQ, \dots \right), \quad (3)$$

$i = 1, 2, \dots$

განსაზღვრება 4. (შეად. [1]) არგუმენტთა თვლად რიცხვზე დამოკიდებული ფუნქცია  $K(Q, \gamma_1, \gamma_2, \dots) \equiv K(Q, Y)$  ( $Y \equiv \gamma_1, \gamma_2, \dots$ ), რომელიც განსაზღვრულია, როცა  $Q \in G_m$ ,  $-\infty < \gamma_1, \gamma_2, \dots < +\infty$ ,  $T$  უწყვეტია  $(Q, Y)$ -ის მიმართ, თუ  $\varepsilon > 0$ -სათვის მოიძებნება ისეთი  $\delta > 0$  და  $n_0$ , რომ

$$|K(Q', Y') - K(Q'', Y'')| < \varepsilon,$$

როცა

$$|y'_i - y''_i| < \delta, \quad i = 1, 2, \dots, n_0.$$

ლემა 5. თუ  $K(Q, Y)$  ფუნქცია  $T$  უწყვეტია  $(Q, Y)$ -ის მიმართ და  $\varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots$  ფუნქციები უწყვეტია  $G_m$ -ზე, მაშინ  $K(Q, \varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots)$  ფუნქცია უწყვეტია  $G_m$ -ზე.

განსაზღვრება 5.  $K(Q, Y)$  ფუნქციას აქვს  $TC$ -თვისება, თუ ყოველი  $\varepsilon > 0$ -სათვის მოიძებნება ისეთი ჩაკეტილი სიმრავლე  $F_m \subset G_m$ ,  $\text{mes } F_m > \text{mes } G_m - \varepsilon$ , რომ  $F_m$  სიმრავლისა და  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{n_0}$  ცვლადთა ევკლიდის სივრცის ტოპოლოგიურ ნამრავლზე  $K(Q, Y)$  ფუნქცია  $T$  უწყვეტია  $(Q, Y)$ -ის მიმართ.

ლემა 6. თუ  $K(Q, Y)$  ფუნქციას აქვს  $TC$ -თვისება და  $\varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots$   $G_m$ -ზე ზომადი და თითქმის ყველგან სასრული ფუნქციებია, მაშინ  $K(Q, \varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots)$  ფუნქცია ზომადია  $G_m$  სიმრავლეზე.

ვიგულისხმობთ, რომ  $F_i(P, Z)$  ( $Z \equiv z_1, z_2, \dots, i = 1, 2, \dots$ ) ფუნქციები განსაზღვრულია, როცა  $P \in G_m$ ,  $-\infty < z_1, z_2, \dots < +\infty$ . ვთქვათ, მათ აქვთ  $TC$ -თვისება და, ამას გარდა, ვთქვათ,

$$\int_{G_m} |F_i(P, 0, 0, \dots)|^p dP < +\infty$$

თანაბრად  $i$ -ის მიმართ,  $i = 1, 2, \dots$  და



$$\left\{ \int_{G_m} |F_i(P, \psi_1^{(1)}(P), \dots) - F_i(P, \psi_1^{(2)}(P), \dots)|^p dP \right\}^{1/p} \equiv \\ \equiv \sum_{j=1}^{\infty} a_{ij} \left\{ \int_{G_m} |\psi_j^{(1)}(P) - \psi_j^{(2)}(P)|^p dP \right\}^{1/p}, \quad i = 1, 2, \dots,$$

სადაც

$$0 < \sum_{j=1}^{\infty} a_{ij} < +\infty.$$

ამ პირობებში, თუ  $\int_{G_m} |\psi_i(P)|^p dP < +\infty$  თანაბრად  $i$ -ის მიმართ,

$i = 1, 2, \dots$ , მაშინ  $\int_{G_m} |F_i(P, \psi_1(P), \dots)|^p dP < +\infty$  თანაბრად  $i$ -ის მი-

მართ,  $i = 1, 2, \dots$

ვიგულისხმობთ აგრეთვე, რომ ფუნქციები  $K_i(Q, Y)$  ( $Y \equiv y_1, y_2, \dots$ ,  $i = 1, 2, \dots$ ) განსაზღვრულია, როცა  $Q \in G_m$ ,  $-\infty < y_1, y_2, \dots < +\infty$ . ვთქვათ, მათ აქვთ  $TC$ -თვისება და, ამას გარდა, ვთქვათ,

$$\int_{G_m} |K_i(Q, 0, 0, \dots)|^p dQ < +\infty,$$

თანაბრად  $i$ -ის მიმართ,  $i = 1, 2, \dots$  და

$$\left\{ \int_{G_m} |K_i(Q, \varphi_1^{(1)}(Q), \dots) - K_i(Q, \varphi_1^{(2)}(Q), \dots)|^p dQ \right\}^{1/p} \equiv \\ \equiv \sum_{k=1}^{\infty} b_{ik} \left\{ \int_{G_m} |\varphi_k^{(1)}(Q) - \varphi_k^{(2)}(Q)|^p dQ \right\}^{1/p}, \quad i = 1, 2, \dots,$$

სადაც

$$0 < \sum_{k=1}^{\infty} b_{ik} < +\infty.$$

ამ პირობებში, თუ

$$\int_{G_m} |\varphi_k(Q)|^p dQ < +\infty$$

თანაბრად  $k$ -ს მიმართ  $k = 1, 2, \dots$ , მაშინ

$$\int_{G_m} |K_i(Q, \varphi_1(Q), \dots)|^p dQ < +\infty$$

თანაბრად  $i$ -ის მიმართ,  $i = 1, 2, \dots$

შემდეგ ვიგულისხმობთ, რომ  $\Omega_i(Q')$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ფუნქციები განსაზღვრულია მთელ  $E_m$  ევკლიდის სივრცეში სათავის გარდა და მუდმივია სათავი-

დან გამოსულ ყოველ სხივზე. თუ  $S$  ერთეულრადიუსიანი სფეროა ცენტრით სათავეში,

$$\int_{G_m} \Omega_i(\sigma) d\sigma = 0, \quad i = 1, 2, \dots;$$

თუ  $\chi_i(t)$  არის  $\Omega_i$  ფუნქციის უწყვეტობის მოდული,

$$\int_0^a \frac{\chi_i(t)}{t} dt < +\infty$$

თანაბრად  $i$ -ის მიმართ,  $i = 1, 2, \dots$ , სადაც  $a > 0$ .

თუ  $\varphi(\varphi_1, \varphi_2, \dots) \in L^p_{\alpha, R}$ , მაშინ  $K_i(Q, \varphi_1(Q), \dots)$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ფუნქციები ზომადია და  $\in L^p_{\alpha, R}$ . თუ

$$\psi_i(P) \equiv \lambda \int_{G_m} \frac{\Omega_i(P-Q) K_i(Q, \varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots)}{r^m(P, Q)} dQ, \quad i = 1, 2, \dots,$$

მაშინ

$$\left\{ \int_{G_m} |\psi_i(P)|^p dP \right\}^{1/p} \equiv M_p \left\{ \int_{G_m} |K_i(Q, \varphi_1(Q), \varphi_2(Q), \dots)|^p dQ \right\}^{1/p},$$

$$i = 1, 2, \dots$$

თეორემა 3. თუ  $F_i, K_i$  და  $\Omega_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ფუნქციები აკმაყოფილებენ ჩამოთვლილ პირობებს,

$$\sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \alpha_i a_{ij} b_{jk} \equiv N \alpha_k, \quad k = 1, 2, \dots$$

და  $|\lambda| < (NM_p)^{-1}$ , მაშინ (3) სისტემას აქვს ერთადერთი ამოხსნა, რომელიც  $\in L^p_{\alpha, R}$ .

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 გამოთვლითი ცენტრი  
 თბილისი

(რედაქციის მოუვიდა 14.11.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Н. Тихонов. О бесконечных системах дифференциальных уравнений. Математ. сборник, т. 41, № 4, 1934.
2. В. В. Немыцкий. Общее нелинейное интегральное уравнение, ДАН СССР, т. 15, № 1, 1937.
3. О. Женхэн. О существовании решений интегро-дифференциальных уравнений. ДАН СССР, т. 41, 1953.
4. Т. А. Эбаноидзе. Об одном классе нелинейных интегральных уравнений, Сообщ. АН ГССР, т. XV, № 1, 1954.
5. Б. Д. Никитин. О существовании решений бесконечной системы нелинейных интегральных уравнений. Уч. зап. Моск. обл. пед. инст., т. 57, вып. 4, 1957.
6. М. М. Вайнберг. Вариационные методы исследования нелинейных операторов. Москва, 1956.
7. А. М. Абасов. Об одном классе нелинейных сингулярных интегральных уравнений с ядром Коши, Уч. зап. Аз. гос. университета им. Кирова, № 3, 1956.
8. Д. Пшеворская-Ролевич. В системе нелинейных сингулярных интегральных уравнений второго рода с бесконечным числом неизвестных функций. Бюлл. Польской АН, т. 5, вып. 5 (на франц. яз., резюме русск.).
9. A. Calderon and A. Zygmund. On the Existence of Certain Singular Integrals, Acta Math., vol. 88, № 1-2, 1952, p. 85-139.



ნ. ჯორჯანიძე

ბლანტი სითხის არასტაციონარული მოძრაობა ბრტყელ პარალელურ ფორმის კედლებს შორის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ვეჯუამ 7.10.1958)

დ. დოლიძემ [1] შრომაში შეისწავლა ბლანტი უკუმში სითხის არასტაციონარული ლამინარული მოძრაობა ბრტყელ პარალელურ ერთგვაროვან ფორმის კედლებს შორის, როცა გაჟონვის სიჩქარისა და საწყის კვეთში საშუალო სიჩქარის  $\lambda$  შეფარდება მუდმივია.

ჩვენ განვიხილავთ შემთხვევას, როცა  $\lambda$  დროის ფუნქციაა. საწყის მდგომარეობად მივიღოთ სტაციონარული მოძრაობა, დახასიათებულია  $\lambda$  ბერმანის მიერ შედგენილი  $\psi^0(x, y)$  დენის ფუნქციით [2].

კოორდინატთა სათავე მოვათავსოთ საწყის კვეთში, ერთ-ერთი კედლის სიბრტყეში, და  $x$  ღერძი მივმართოთ კედლების პარალელურად. მაშინ  $\lambda$  ბერმანის მიერ ნაპოვნი დენის ფუნქცია შეიძლება დავწეროთ შემდეგნაირად:

$$\psi^0(x, y) = (1 - \lambda^0 x) \psi^0(y), \quad \lambda^0 = \frac{2v^0}{h\bar{u}(0)},$$

სადაც  $h$  მანძილია კედლებს შორის,  $\bar{u}(0)$ —საშუალო სიჩქარე  $x=0$  კვეთში,  $v^0$ —გაჟონვის სიჩქარე,  $\psi^0(y)$  კი—მესამე რივის გარკვეული არაწრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლების ამონხნაა.

არასტაციონარული მოძრაობის დენის ფუნქცია პოტენციალური მასობრივი ძალების მოქმედებისას აკმაყოფილებს

$$\Delta(\nu\Delta\psi - \psi_t) = \psi_y \Delta\psi_x - \psi_x \Delta\psi_y \quad (1)$$

განტოლებას.

ვიგულისხმობთ, რომ კედლები უძრავი და ერთგვაროვანია, ე. ი. ვთქვათ, რომ გაჟონვა დამოკიდებულია მხოლოდ დროისაგან; მაშინ გვექნება შემდეგი ზღვრული პირობები:

$$\psi_x(x, 0, t) = v^0(t), \quad \psi_x(x, h, t) = -v^0(t), \quad (2)$$

$$\psi_y(x, 0, t) = \psi_y(x, h, t) = 0, \quad \psi(x, y, 0) = (1 - \lambda^0) \psi^0(y).$$

$v^0(t)$  გაჟონვის სიჩქარეა, რომელსაც ნულისაგან განსხვავებულს ვგულისხმობთ დროის ყოველ მომენტში.

საწყისი პირობებიდან გამომდინარე, ბუნებრივია  $\psi(x, y, t)$  ვეძებოთ შემდეგი სახით:

$$\psi(x, y, t) = \varphi(y, t) - \lambda(t) x f(y, t); \quad \lambda(t) = \frac{2v^0(t)}{h u(t)} \neq 0,$$

სადაც  $\bar{u}(t)$  საშუალო სიჩქარეა  $x=0$  კვეთში.

(1), (2) ფორმულებისა და საწყის კვეთში პირობის ძალით,  $\varphi(y, t)$  და  $f(y, t)$  ფუნქციებისათვის მივიღებთ განტოლებებს:

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} [\nu(\lambda f)_{yy} - (\lambda f)_t] = \lambda^2(t) [f f_{yyy} - f_y f_{yy}], \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} [\nu \varphi_{yy} - \varphi_t] = \lambda(t) [f \varphi_{yyy} - f_{yy} \varphi_y] \quad (4)$$

და ზღვრულ პირობებს:

$$f(0, t) = -\frac{v^0(t)}{\lambda(t)}, \quad f(h, t) = \frac{v^0(t)}{\lambda(t)}, \quad (5)$$

$$f_y(0, t) = f_y(h, t) = 0, \quad f(y, 0) = \psi^0(y),$$

$$\varphi(0, t) = -\frac{v^0(t)}{\lambda(t)}, \quad \varphi(h, t) = \frac{v^0(t)}{\lambda(t)}, \quad (6)$$

$$\varphi_y(0, t) = \varphi_y(h, t) = 0, \quad \varphi(y, 0) = \psi^0(y).$$

(3) განტოლება (5) პირობებით ამოვხსნათ [1] შრომაში მოყვანილი გზით.  $f$  წარმოვადგინოთ

$$f(y, t) = F(y, t) + \chi(y, t) \quad (7)$$

ჯამის სახით, სადაც  $F(y, t)$  აკმაყოფილებს (4)-ის შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას და (5) პირობებს, ხოლო  $\chi(y, t)$  ამოხსნაა

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} [\nu(\lambda \chi)_{yy} - (\lambda \chi)_t] = \lambda^2(t) [f f_{yyy} - f_y f_{yy}] \quad (8)$$

განტოლებისა (5)-ის შესაბამისი ერთგვაროვანი პირობებით.  $F(y, t)$ -თვის მივიღებთ

$$F(y, t) = \frac{1}{\lambda(t)} \left\{ F^0(y, t) + \Phi(y, t) - \gamma [\Phi_y(0, t) - F_y^0(0, t)] - \Phi(0, t) - F^0(0, t) - \frac{v^0(t)}{\lambda(t)} \right\},$$

სადაც



$$F^0(y, t) = \frac{\lambda(o)}{2\lambda(t)\sqrt{\pi\nu t}} \int_{-e}^{h+e} \psi_1(\eta) e^{-\frac{(y-\eta)^2}{4\nu t}} d\eta,$$

$$\psi_1(y) = \begin{cases} \psi_0(y), & 0 \equiv y \equiv h, \\ \psi_0(o), & -e \equiv y \equiv 0, \\ \psi_0(h), & h \equiv y \equiv h+e. \end{cases} \quad (e > 0)$$

$\Phi(y, t)$  სითბოგამტარებლობის

$$\nu(\lambda\Phi)_{yy} - (\lambda\Phi)_t = 0$$

განტოლების ისეთი ამოხსნაა, რომელიც საწყის მომენტში ნული ხდება და აკმაყოფილებს შემდეგ სასაზღვრო პირობებს:

$$\Phi(y, t) - \Phi(o, t) - h\Phi_y(o, t) = \frac{2}{\lambda(t)} \nu^0(t) + F^0(o, t) - F^0(h, t) + hF_y^0(o, t),$$

$$\Phi(h, t) - \Phi(o, t) - h\Phi_y(h, t) = \frac{2}{\lambda(t)} \nu^0(t) + F^0(o, t) - F^0(h, t) + hF_y^0(h, t)$$

ისევე, როგორც [1]-ში,  $\Phi(y, t)$ -ს განსაზღვრა მიიყვანება ვოლტერას წრფივ რეგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემის ამოხსნაზე.

$\chi(y, t)$ -ს განსაზღვრავად ვისარგებლოთ ერთგანზომილებიანი ჰიდროდინამიკური გრინის ფუნქციით, რომელიც აგებულია დ. დოლიძის მიერ [1],

$$G(y, \eta, t) = S(y, \eta, t) + g(y, \eta, t),$$

სადაც

$$S(y, \eta, t) = \frac{1}{2\lambda(t)\sqrt{\pi\nu t}} \int_0^y dy \int_{x\eta}^{y-\eta} e^{-\frac{\beta^2}{4\nu t}} d\beta, \quad (9)$$

$$x = -1, \quad y \leq \eta,$$

$$x = 1, \quad y \geq \eta.$$

$g(y, \eta, t)$  (8) განტოლების შესაბამისი ერთგვაროვანი განტოლების რეგულარული ამოხსნაა, რომელიც ნული ხდება საწყის მომენტში და აკმაყოფილებს შემდეგ სასაზღვრო პირობებს:

$$g(o, \eta, t) = g_y(o, \eta, t) = 0, \quad g(h, \eta, t) = -S(h, \eta, t),$$

$$g_y(h, \eta, t) = -S_y(h, \eta, t), \quad t > 0, \quad 0 < \eta < h.$$

ისე, როგორც ზემოთ,  $g(y, \eta, t)$ -ს განსაზღვრა მიიყვანება ვოლტერას ორი რეგულარული ინტეგრალური განტოლების სისტემის ამოხსნაზე.

[3]-ის ანალოგიურად მტკიცდება, რომ ადგილი აქვს ტოლობას

$$\chi(y, t) = \frac{I}{\lambda(t)} \int_0^t \lambda^2(\tau) d\tau \int_0^y [ff_{\eta\eta} - f_{\eta} f_{\eta\eta}] G(y, \eta, t-\tau) d\eta.$$

(7)-ის ძალით მივიღებთ

$$f(y, t) = F(y, t) + \frac{I}{\lambda(t)} \int_0^t \lambda^2(\tau) d\tau \int_0^h [ff_{\eta\eta} - f_{\eta} f_{\eta\eta}] G(y, \eta, t-\tau) d\eta. \quad (10)$$

განვიხილოთ განტოლება  $\delta$  პარამეტრით:

$$f(y, t) = F(y, t) + \frac{\delta}{\lambda(t)} \int_0^t \lambda^2(\tau) d\tau \int_0^h [ff_{\eta\eta} - f_{\eta} f_{\eta\eta}] G(y, \eta, t-\tau) d\eta. \quad (11)$$

(11)-ის სამჯერ გაწარმოება  $y$ -ის მიმართ მოგვცემს

$$\frac{\partial^n f(y, t)}{\partial y^n} = \frac{\partial^n F(y, t)}{\partial y^n} + \frac{\delta}{\lambda(t)} \int_0^t \lambda^2(\tau) dt \int_0^h [ff_{\eta\eta} - f_{\eta} f_{\eta\eta}] \frac{\partial^n G}{\partial y^n} d\eta, \quad (12)$$

$$n = 1, 2, 3.$$

ინტეგრალის ნიშნის ქვეშ გაწარმოების სამართლიანობა ადვილი შესამოწმებელია (9)-ის ძალით.

(11), (12) ტოლობები ქმნიან არაწრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას  $f, f_y, f_{yy}, f_{yyy}$  უცნობი ფუნქციების განსასაზღვრავად. ეს ფუნქციები ვეძებთ შემდეგი მწკრივების სახით:

$$\frac{\partial^n f}{\partial y^n} = \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k \frac{\partial^n f_k}{\partial y^n}, \quad n=0, 1, 2, 3,$$

(13)

$$\frac{\partial^0 f}{\partial y^0} = f.$$

(13) მწკრივების წევრების განსასაზღვრავად მივიღებთ რეკურენტულ ფორმულებს:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^n f_0}{\partial y^n} &= \frac{\partial^n F}{\partial y^n}; & \frac{\partial^n f_{k+1}}{\partial y^n} &= \frac{I}{\lambda(t)} \int_0^t \lambda^2(\tau) d\tau \int_0^h \sum_{m=0}^k \left[ f_m \frac{\partial^3 f_{k-m}}{\partial \eta^3} - \right. \\ & & & \left. - \frac{\partial f_m}{\partial \eta} \frac{\partial^2 f_{k-m}}{\partial \eta^2} \right] \frac{\partial^n G}{\partial y^n} d\eta. \end{aligned} \quad (13-a)$$



მწკრივების კრებადობა დადამტვიცოთ ოდკვისტის [4] მიერ გამოყენებული მეთოდით. ამისათვის შევნიშნოთ, რომ ადგილი აქვს შემდეგ უტოლობებს:

$$\left| \frac{\partial^n F}{\partial y^n} \right| < M, \quad |\lambda(t)| < K, \quad \int_0^t d\tau \int_0^h \left| \frac{\partial^n G}{\partial y^n} \right| d\eta < H \sqrt{t}; \quad (14)$$

$$n=0, 1, 2, 3,$$

სადაც  $M$ ,  $K$  და  $H$  მუდმივებია.

ამ უტოლობებისა და (13-ა) ფორმულების ძალით (13)-ის მაქორანტული მწკრივი შემდეგი სახით შეიძლება წარმოვადგინოთ:

$$A = \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k A_k,$$

სადაც

$$A_0 = M, \quad A_{k+1} = 2 MKH \sqrt{t} \sum_{m=0}^k A_m A_{k-m}.$$

ადგილი შესამოწმებელია, რომ

$$A = A_0 + 2HMK \sqrt{t} \delta A^2 = M(1 + 2MKH \sqrt{t} \delta A^2),$$

აქედან ცხადია, რომ, თუ დაცულია

$$8 M^2 K \delta H \sqrt{t} < 1$$

უტოლობა,  $A$ -თვის მივიღებთ

$$A = \frac{1}{4MK\delta\sqrt{t}} (1 - \sqrt{1 - 8n^2HK\delta\sqrt{t}}).$$

ამ შემთხვევაში (13) მწკრივები აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადია სასრული  $t$ -თვის. რადგან (10) მიიღება (11)-საგან ამ უკანასკნელში  $\delta=1$ -ის ჩასმით, ამიტომ მიღებული (13) მწკრივები იძლევიან საძიებელ ამოხსნას, თუ

$$8 M^2 K H \sqrt{t} < 1.$$

ვიპოვოთ ახლა  $\varphi(y, t)$  ფუნქცია. ამისათვის (4) განტოლების ამოხსნა ვეძებთ ჯამის სახით:

$$\varphi(y, t) = \Gamma(y, t) + w(y, t),$$

სადაც  $\Gamma(y, t)$  აკმაყოფილებს (4)-ის შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას და (6) პირობებს, ხოლო  $w(y, t)$

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} (v w_{yy} - w_t) = \lambda(t) [f \varphi_{yyy} - f_{yy} \varphi_y]$$

განტოლებას და (6)-ის შესაბამის ერთგვაროვან პირობებს.  $\Gamma(y, t)$  განისაზღვრება ისევე, როგორც  $F(y, t)$ , ხოლო  $\varphi(y, t)$ -თვის. მივიღებთ შემდეგ ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებას:

$$\varphi(y, t) = \Gamma(y, t) + \int_0^t \lambda(\tau) d\tau \int_0^h [f \varphi_{\eta\eta} - f_{yy} \varphi_{\eta}] G(y, \eta, t - \tau) d\eta.$$

განვიხილოთ განტოლება  $\alpha$  პარამეტრით და გავაწარმოოთ სამჯერ  $y$ -ით; მივიღებთ

$$\frac{\partial^n \varphi}{\partial y^n} = \frac{\partial^n \Gamma}{\partial y^n} + \alpha \int_0^t \lambda(\tau) d\tau \int_0^h [f \varphi_{\eta\eta\eta} - f_{yy} \varphi_{\eta}] \frac{\partial^n G}{\partial y^n} d\eta \quad (15)$$

(15) წარმოადგენს წრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას  $\varphi, \varphi_{\eta}, \varphi_{\eta\eta}$  უცნობი ფუნქციების მიმართ; მისი ამოხსნა ვეძებთ მწკრივების სახით:

$$\frac{\partial^n \varphi}{\partial y^n} = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha^k \frac{\partial^n \varphi_k}{\partial y^n}, \quad n=0, 1, 3. \quad (16)$$

(16) მწკრივების წევრების განსასაზღვრავად მივიღებთ შემდეგ რეკურენტულ ფორმულებს:

$$\frac{\partial^n \varphi_0}{\partial y^n} = \frac{\partial^n \Gamma}{\partial y^n}, \quad \frac{\partial^n \varphi_{n+1}}{\partial y^n} = \int_0^t \lambda(\tau) d\tau \int_0^h \left[ f \frac{\partial^3 \varphi_k}{\partial \eta^3} - f_{yy} \frac{\partial \varphi_k}{\partial \eta} \right] \frac{\partial^n G}{\partial y^n} d\eta.$$

(14) უტოლობების გამოყენებით ადვილი დასამტკიცებელია, რომ (16) მწკრივები აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადია დროის ყოველ სასრულ მონაკვეთში.

წნევის გამოსათვლელად ვისარგებლოთ ნავიე-სტოქსის განტოლებებით; მივიღებთ

$$p(x, y, t) = \rho A(t)x - \frac{\rho}{2} B(t)x^2 + \rho \nu f_y - \frac{\rho \lambda^2(t)}{2} f(y, t) - \rho \lambda(t) \int f_x(y, t) dy + T(t),$$

სადაც

$$A(t) = \frac{\partial}{\partial y} (\nu \varphi_{yy} - \varphi_t) + \lambda(t) x f_{yy}(y, t),$$

$$B(t) = \frac{\partial}{\partial y} [\nu (\lambda f)_{yy} - (\lambda f)_t] + \lambda^2(t) (f_y^2 - f f_{yy}),$$



$T(t)$  ნებისმიერი ფუნქციაა; აქედან წნევათა სხვაობისათვის  $x$  მონაკვეთზე გვექნება

$$p-p_0 = \rho \left( A(t) x - \frac{B(t)}{2} x^2 \right),$$

სადაც  $p_0$  წნევაა საწყის კვეთში.

შევნიშნოთ, რომ წნევის დაცემის აქ მიღებული კანონი ისეთივეა, როგორც მიღებული იყო დ. დოლიძისა [1] და ა. ბერმანის [2] მიერ.

ხახუნის ძალა და ნორმალური ძაბვა სასაზღვრო კედლის ერთეულ ფართობზე მოიცემა ფორმულებით

$$R_1 = p_{xy} = \Gamma [\varphi_{yy}(y, t) - \lambda(t) x f_{yy}(y, t)], \quad y=0, y=h,$$

$$R_2 = p_{yy} - p + 2\mu\lambda(t) f_y(y, t), \quad y=0, y=h.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 9.10.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Д. Е. Долидзе. О нестационарном течении вязкой жидкости между параллельными пористыми стенками. ДАН СССР, т. 17, № 3, 1957.
2. A. S. Berman. Laminar Flow in Channels With Porous walls. J. Appl. Phys., 24, № 9, 1953.
3. Д. Е. Долидзе. Решение уравнения нестационарного пограничного слоя Прандтля. Сообщения АН ГССР, т. VI, № 9, 1944.
4. F. K. G. Odqvist. Über die Randwertaufgaben der Hydrodynamik zäher Flüssigkeiten: Math. Zeitschr. B. 32, 1930, 329.

ი. მამალაძე

დაბრუნების ეფექტის გათვალისწინების აუცილებლობის შესახებ რხვევითი ექსპერიმენტის საფუძველზე კრიტიკული სიჩქარის განსაზღვრისას

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე. ანდრონიკაშვილმა 16.5.1958)

1. ვთქვათ, თხევად ჰელიუმ II-ში მერხვევი ზედაპირის სიჩქარე იცვლება კანონით  $v = v_0 (2 \pi t / \theta)$  და  $v_c$  არის კრიტიკული სიჩქარე. თუ  $v_0 > v_c$ , მაშინ რაიმე  $t_1$  მომენტში სიჩქარე მიაღწევს კრიტიკულ მნიშვნელობას და შეინარჩუნებს მასზე მეტ სიდიდეს  $t_2$  მომენტამდე. ყოველ ნახევარპერიოდში ზეკრიტიკული რეჟიმის განხორციელება შესაძლებელია დროის  $t_2 - t_1$  შუალედის განმავლობაში, რომელიც განისაზღვრება ტოლობით:

$$\frac{2 \pi}{\theta} (t_2 - t_1) = \pi - 2 \frac{2 \pi t_1}{\theta} = 2 \arccos \frac{v_c}{v_0}. \quad (1)$$

მაგრამ ცხადია, რომ კრიტიკული ურთიერთქმედების დაწყება შეიძლება დაგვიანდეს რაიმე  $\tau_1$  დროით, მისი შეწყვეტა კი —  $\tau_2$  დროით, რის გამოც ზეკრიტიკული რეჟიმის ფაქტობრივი არსებობის დრო შეიძლება განსხვავდებოდეს შუალედისაგან  $t_2 - t_1$ . ამას გარდა, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ექსპერიმენტის მგრძობიარობა არ იძლევა ნებისმიერად ხანმოკლე ურთიერთქმედების აღმოჩენის საშუალებას. ეს გარემოებანი ამახინჯებენ გაზომვების შედეგებს და კრიტიკული სიჩქარის სახით ფიქსირდება არა  $v_c$ , არამედ ისეთი მინიმალური  $v_m$  მნიშვნელობა სიჩქარისა  $v_0$ , რომელსაც შეესაბამება საკმარისი ხანგრძლივი ურთიერთქმედება.

აღვნიშნოთ  $\Delta t$ -თი ზეკრიტიკული ურთიერთქმედების მინიმალური ხანგრძლივობა (ნახევარპერიოდში), აუცილებელი მისი ექსპერიმენტული აღმოჩენისათვის. ადვილი დასადგენია, რომ, თუ  $\Delta t \leq \tau_2$ , კრიტიკული სიჩქარის ეფექტური მნიშვნელობა  $v_m$  იქნება  $v_0$ -ის ის მნიშვნელობა, რომელსაც შეესაბამება ტოლობა

$$t_2 - t_1 = \tau_1, \quad (2)$$

რადგანაც ასეთ ( $\tau_2 > \Delta t$ ) შემთხვევაში ზეკრიტიკული ურთიერთქმედება ნამდვილად აღმოჩენილი იქნება, თუ მოესწრო მისი დაწყება, სანამ  $v > v_c$ . თუ  $\Delta t > \tau_2$ , ანალოგიური ტოლობა იქნება

$$t_2 - t_1 - \tau_1 + \tau_2 = \Delta t. \quad (3)$$

ამ ტოლობაში  $t_2 - t_1 - \tau_1 + \tau_2$  არის ზეკრიტიკული რეჟიმის არსებობის დრო.



თუ გავითვალისწინებთ (1) გამოსახულებას  $t_2 - t_1$  შუალედისათვის და  $v_m$ -ის განმსაზღვრელ ტოლობებს (2) და (3), ადვილად მივიღებთ

$$v_m = \frac{v_c}{\cos \frac{\pi\tau}{\theta}},$$

სადაც

$$\tau = \begin{cases} \tau_1, & \text{თუ } \Delta t \leq \tau_2; \\ \tau_1 - \tau_2 + \Delta t, & \text{თუ } \Delta t > \tau_2. \end{cases} \quad (4)$$

ამიტომ რხევითი ექსპერიმენტი იძლევა კრიტიკული სიჩქარის სწორ მნიშვნელობას  $v_c$  მხოლოდ  $\tau \ll \theta$  შემთხვევაში. ხოლო, თუ პერიოდი იცვლება ისეთ ფარგლებში, რომ სიდიდის  $\cos(\pi\tau/\theta)$  ფარდობითი ცვლილება აღემატება ექსპერიმენტის ცთომილებას, მაშინ თავს იჩენს  $v_m$  კრიტიკული სიჩქარის დამოკიდებულება პერიოდისაგან, რომელიც ამახინჯებს  $v_c = f(\theta)$  დამოკიდებულებების ჭეშმარიტ სურათს.

2. ბენსონისა და ჰოლის-ჰალეტის თანახმად [1], კრიტიკული სიჩქარე დამოკიდებულია პერიოდზე შემდეგი კანონით:

$$v_c = \frac{\alpha}{\sqrt{\theta}}, \quad (5)$$

სადაც  $\alpha$  მუდმივია (მოცემული ტემპერატურისათვის).

თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ  $v_m = 2\pi R \varphi_m / \theta$ , სადაც  $\varphi_m$  კრიტიკული ამპლიტუდის ექსპერიმენტული სიდიდეა, ხოლო  $R$ —მერხვეი სხეულის რადიუსი, და გავაერთიანებთ (4) და (5) ფორმულებს, მივიღებთ

$$\frac{\varphi_m}{\sqrt{\theta}} \cos \frac{\pi\tau}{\theta} = \frac{\alpha}{2\pi R} = \text{const}. \quad (6)$$

ხოლო, თუ კრიტიკული სიჩქარე არ არის პერიოდზე დამოკიდებული, მაშინ მუდმივი (მოცემული ტემპერატურისათვის) უნდა იყოს სიდიდე:

$$v_m \cos \frac{\pi\tau}{\theta} = v_c = \text{const}. \quad (7)$$

ამ ორი შესაძლებლობიდან ჭეშმარიტად არსებულის არჩევა უნდა მოხდეს შრომების [1] და [2] ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების საფუძველზე. ამ დამუშავების შემდეგ მივიღებთ კრიტიკული სიჩქარეების გასწორებულ მნიშვნელობებს და შევძლებთ კრიტიკული რეჟიმის რელაქსაციის დროის შეფასებას.

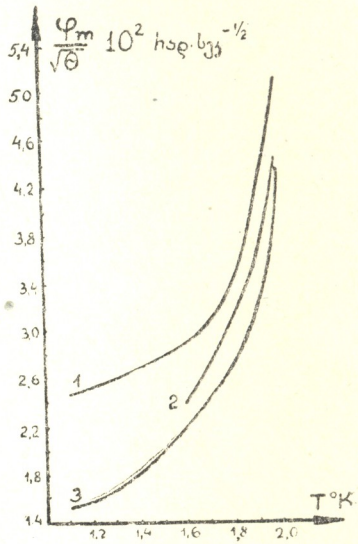
აუცილებელია აღინიშნოს შესაძლებლობა  $\tau$ -ს უშუალო განსაზღვრისა კრიტიკული სიჩქარის გაზომვით ნაკლები პერიოდისას, ვიდრე ეს აქამდე კეთდებოდა. მართლაც, თუ  $\theta \rightarrow 2\tau$ , მაშინ  $v_m \rightarrow \infty$ . ამიტომ პერიოდის შემცირებისას მოსალოდნელია ეფექტური კრიტიკული სიჩქარის მკვეთრი ზრდა  $\theta$ -ს გარკვეულ მნიშვნელობასთან მიახლოებისას, რომლის ნახევარიც მოგვცემს  $\tau$ -ს.

3. შრომაში [1] ნაჩვენებია, რომ სიდიდეები  $\varphi_m / \sqrt{\theta}$ , გაზომილი თხევად ჰელიუმ II-ში ცარიელი თხელკედლიანი სფეროს რხევისას, არ არის დამოკიდებული პერიოდზე. მაგრამ, (6) ფორმულის თანახმად,  $\varphi_m / \sqrt{\theta}$  უკუპროპორციული უნდა იყოს სიდიდისა  $\cos(\pi/\theta)$ . ეს წინააღმდეგობა შეიძლება მხოლოდ მოჩვენებითი აღმოჩნდეს, თუ  $\varphi_m$ -ის გაზომვა წარმოებდა იმდენად დიდი ცთომილებით  $\Delta\varphi_m$ , რომ ვერ გამომქვანდა  $\cos(\pi/\theta)$ -ს ცვლილება მინიმალური პერიოდიდან მაქსიმალურზე გადასვლისას, ესე იგი:

$$\left( \cos \frac{\pi}{\theta_{max}} - \cos \frac{\pi}{\theta_{min}} \right) / \cos \frac{\pi}{\theta_{min}} \leq \frac{\Delta\varphi_m}{\varphi_m}$$

ამ უტოლობის რიცხვითი ამოხსნა, სადაც  $\theta_{max} = 25$  სეკ,  $\theta_{min} = 6,5$  სეკ და საშუალო ცთომილება  $\Delta\varphi_m / \varphi_m \approx 6\%$ , იძლევა შეფასებას  $\pi \leq 0,75$  სეკ.

4. ქარსის თხელი დისკების წყობილით ჩატარებული ანალოგიური გაზომვები [2] იძლევა მკვეთრად განსხვავებულ მნიშვნელობებს სიდიდეებისათვის  $\varphi_m / \sqrt{\theta}$ , რომლებიც გაზომილია სხვადასხვა პერიოდის შემთხვევაში (იხ. ნახ 1). ამ მონაცემების დამუშავება სათანადო განტოლებების ამოხსნის გრაფიკული მეთოდით<sup>(1)</sup> ადასტურებს (6) ფორმულის სამართლიანობას (იხ. ცხრილი 1). დისკოთა წყობილისათვის მიღებული  $\pi$ -ს მნიშვნელობები ეთანადება შეფასებას, რომელიც მიღებული გეჭონდა სფეროთი ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე (პ.3.). ანგვარად, (5) დამოკიდებულების არსებობა წყობილის შემთხვევაში მქლავდება მხოლოდ დაგვიანების ეფექტის გათვალისწინების შემდეგ.



5. შეიძლება გვეფიქრა, რომ (5) ფორმულა შეიძლება აიხსნას ნორმალურ კომპონენტში რხევების შეღწევის სიღრმის  $\lambda$ -ს დამოკიდებულებით პერიოდისაგან, თუ  $\lambda$ -ს მივიჩნევთ მახასიათებელ ზომად ( $v_e \sim I/\lambda \sim I/\sqrt{\theta}$ ). ასეთი ახსნა შეიძლება სავსებით ბუნებრივად მოგვეჩვენოს, რადგან, როგორც ჩანს, ის სამართლიანია  $v_e$  კრიტიკული სიჩქარისათვის, როდესაც იწყება ორივე კომპონენტის ტურბულენტური მოძრაობა (იხ. [1]). მაგრამ დისკოთა წყო-

ნახ. 1. სიდიდის  $\varphi_m / \sqrt{\theta}$  დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან დისკოთა წყობილის შემთხვევაში.  $\varphi_m$ -ის მნიშვნელობები აღებულია შრომიდან [2]. მასში მოყვანილი პერიოდები  $\theta_0$  გადანაგარიშებულია რხევაში ნორმალური კომპონენტის მონაწილეობის გათვალისწინებით. 1 მრუდი შეესაბამება  $\theta_0 = 2,6$  სეკ, 2—12 სეკ, 3—18,7 სეკ. ცთომილება  $\varphi_m$  ამპლიტუდების გაზომვისა არის  $10\%$ -ის რიგისა

(<sup>1</sup> ამისათვის აიგება მრუდები

$$\frac{\varphi_m}{\sqrt{\theta}} \cos \frac{\pi}{\theta} = f(\pi)$$

თუ მოხდა სამი განსხვავებული პერიოდის შესაბამისი ისეთი მრუდის გადაკვეთა ერთ წერ-



ბილის შემთხვევა, როდესაც შეღწევის სიღრმე აღემატება დისკოთა შორის მანძილს, გვიჩვენებს, რომ სინამდვილეში  $\lambda$  არ წარმოადგენს მახასიათებელ ცხრილი 1

$T$ °K	$\theta_0$ სეკ	$\theta$ სეკ	$\frac{\varphi_m}{\sqrt{\theta}}$ რად. სეკ <sup>-1/2</sup>	$v_m$ სმ. სეკ <sup>-1</sup>	$\tau$ სეკ	$\frac{\pi}{\theta} \cos \alpha'$ $\alpha' = \frac{\varphi_m}{\sqrt{\theta}}$ რად. სეკ <sup>-1/2</sup>	$\frac{2\pi R \alpha'}{\sqrt{\theta}}$ სმ. სეკ <sup>-1</sup>
1,1	2,60	2,61	0,025	0,17	0,76	0,015	0,10
	18,7	18,7	0,015	0,038	$\pm 0,14$	$\pm 0,0015$	0,038
1,3	2,60	2,61	0,026	0,17	0,69	0,017	0,11
	18,7	18,8	0,017	0,042	$\pm 0,16$	$\pm 0,0018$	0,042
1,5	2,60	2,63	0,028	0,19	0,61	0,020	0,13
	18,7	18,9	0,020	0,050	$\pm 0,19$	$\pm 0,0021$	0,050
1,6	2,60	2,65	0,029	0,19	0,52	0,023	0,15
	12,0	12,2	0,024	0,074	$\pm 0,19$	$\pm 0,0015$	0,066
	18,7	19,0	0,022	0,055			0,057
1,7	2,60	2,67	0,030	0,20	0,41	0,025	0,17
	12,0	12,3	0,027	0,083	$\pm 0,23$	$\pm 0,0012$	0,077
	18,7	19,2	0,024	0,059			0,062
1,8	2,60	2,69	0,034	0,22	0,43	0,0235	0,19
	12,0	12,4	0,031	0,095	$\pm 0,23$	$\pm 0,0012$	0,088
	18,7	19,4	0,027	0,066			0,070
1,9	2,60	2,71	0,041	0,27	0,47	0,034	0,22
	12,0	12,6	0,036	0,11	$\pm 0,20$	$\pm 0,0016$	0,10
	18,7	19,6	0,032	0,078			0,083
2,0	2,60	2,75	0,051	0,33	0,35	0,044	0,29
	12,0	12,7	0,0445	0,14	$\pm 0,35$	$\pm 0,0045$	0,13
	18,7	19,8	0,044	0,11			0,11

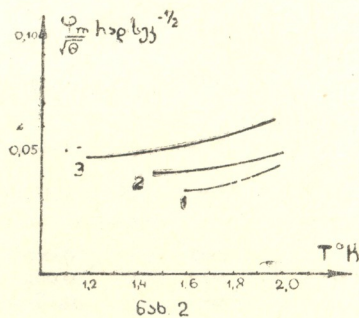
ზომას. ნორმალური კომპონენტი პრაქტიკულად სრულად მონაწილეობს რხევებში და შეღწევის სიღრმის ცვლილება პერიოდის შეცვლისას არსებითად არ ცვლის მოძრაობის რეჟიმს.

ტილში (ციომილების ფარგლებში), ეს ადასტურებს (6) ფორმულის სამართლიანობას, ხოლო გადაკვეთის წერტილის კოორდინატები იძლევა სიდიდეებს  $a/2\pi R$  და  $\tau$ . ვიცით რა  $\alpha$ , გამოვიყვლით  $v_c$ -ს.

6. ბოლოს განვიხილოთ ერთეულოვანი მასიური დისკით ჩატარებული გაზომვების შედეგები [2]. ნახ. 2-ზე და [1]-ში მოცემული გრაფიკი შევსებულაა ჰოლის-ჰალეტის მიერ  $\theta = 3,15$  სეკ-ის შემთხვევაში მიღებული შედეგებით [2]. წყობილის შემთხვევისაგან განსხვავებით, აქ აღვილი აქვს  $\varphi_m / \sqrt{H}$  შეფარდების ზრდას პერიოდის ზრდასა, რაც გამოორიცხავს (6) ფორმულის სამართლიანობას. ქვემოთ ნაჩვენებია იქნება, რომ ამ შემთხვევაში კრიტიკული სიჩქარე არ არის დამოკიდებული პერიოდზე, ესე იგი სამართლიანია (7) ფორმულა.

7. (7) ფორმულა მოითხოვს, რომ  $u_m$  მცირდებოდეს პერიოდის ზრდასა, რაც სრულდება, თუ შევადარებთ ამ სიდიდეებს  $\theta = 11$  სეკუნდისას მის მნიშვნელობებთან  $\theta = 3,78$  სეკ და  $\theta = 3,15$  სეკ. შემთხვევაში (იხ. ცხრილი 2). მაგრამ, თუ შევადარებთ უკანასკნელი ორი პერიოდისათვის მიღებულ შედეგებს,  $u_m$ -ის დამოკიდებულება  $\theta$ -გან საწინააღმდეგო ხასიათის აღმოჩნდება. მაგრამ სათანადო  $u_m$ -ებს შორის განსხვავება არ გადის  $\approx 10\%$ -ის ტოლი ცთომილების ფარგლებს გარეთ. ამიტომ, აღნიშნული წინააღმდეგობის მიუხედავად, (7) ფორმულა სამართლიანი აღმოჩნდა მოცემული ექსპერიმენტის ცთომილების ფარგლებში  $T \leq 2^\circ K$  შემთხვევაში, რაშიაც შეიძლება დავრწმუნდეთ ექსპერიმენტის მონაცემების გრაფიკული დამუშავებით<sup>(1)</sup>. ამ შემთხვევისათვის მიღებული  $\tau$ -ს მნიშვნელობები უახლოვდება წყობილის მონაცემებიდან მიღებულს.

8. ამგვარად, ჰოლის-ჰალეტის ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებამ აჩვენა დაგვიანების ეფექტის გათვალისწინების ნაყოფიერება. ამასთან აღმოჩნდა, რომ ექსპერიმენტულ მონაცემებს არ ეწინააღმდეგება  $\tau$ -ს განხილვა როგორც პერიოდისაგან დამოუკიდებელი მუდმივისა. გამონაკლისს შეადგენს  $\lambda$  წერტილის მახლობელი ტემპერატურების ინტერვალი, სადაც (6) და (7) ფორმულების სამართლიანობა ირღვევა, თუ  $\tau$ -ს მუდმივად მივიჩნევთ. ამატომ სასურველია ამ თვალსაზრისის განვითარება  $\tau_1$  და  $\tau_2$  რელაქსაციის დროის სიჩქარისა და ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების გათვა-



ნახ. 2. სიდიდის  $\varphi_m / \sqrt{H}$  დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან ერთეული დისკოს შემთხვევაში. მრუდები 2 და 3 აგებულია [1] შრომაში [2]-ის საფუძველზე მოცემული გრაფიკიდან აღებული წერტილების მიხედვით. მრუდი 1 აგებულია [2]-ში მოცემული  $\varphi_m$ -ების მიხედვით. პერიოდების მნიშვნელობები ყოველი მრუდისათვის: 1—3,15 სეკ, 2—3,78 სეკ, 3—11 სეკ. ამპლიტუდები გაზომილია 10%-ის რიგის ცთომილებით

(1) დამუშავება მდგომარეობს  $u_m \cos(\pi/\theta) = f(\tau)$  მრუდების აგებაში. თუ სამი განსხვავებული პერიოდის შესაბამისი სამი ასეთი მრუდი გადაიკვეთა ერთ წერტილში (ცთომილების ფარგლებში), ეს ადასტურებს (7) ფორმულის სამართლიანობას და, ერთდროულად, იძლევა სიდიდეებს  $u_c$  და  $\tau$ .



ცხრილი 2

$T$ °K	$\theta$ სეკ	$\varphi_m$ რად.	$v_m$ სმ. სეკ <sup>-1</sup>	$\tau$ სეკ	$v_c$ სმ. სეკ <sup>-1</sup>
1,4	3,78	0,082	0,21	0,92	0,145
	11,0	0,17	0,15	$\pm 0,23$	$\pm 0,017$
1,5	3,78	0,082	0,21	0,92	0,145
	11,0	0,175	0,15	$\pm 0,28$	$\pm 0,017$
1,6	3,15	0,060	0,18	0,49 $\pm 0,1$	0,17 $\pm 0,001$
	3,78	0,082	0,21		
	11,0	0,18	0,16		
1,7	3,15	0,065	0,20	0,68 $\pm 0,18$	0,16 $\pm 0,016$
	3,78	0,085	0,21		
	11,0	0,185	0,16		
1,8	3,15	0,067	0,20	0,59 $\pm 0,16$	0,17 $\pm 0,012$
	3,78	0,088	0,22		
	11,0	0,195	0,17		
1,9	3,15	0,072	0,22	0,64 $\pm 0,22$	0,18 $\pm 0,019$
	3,78	0,090	0,25		
	11,0	0,205	0,18		
2,0	3,15	0,080	0,24	0,67 $\pm 0,03$	0,195 $\pm 0,011$
	3,78	0,105	0,26		
	11,0	0,22	0,19		

ლისწინებით. სასურველია აგრეთვე უფრო ვრცელი ექსპერიმენტული მასალის დაგროვება, რადგანაც მონაცემების არსებული რაოდენობა ზოგჯერ არ არის საკმარისი მათგან მიღებული დასკვნების დამაჯერებელი დასაბუთებისათვის.

ავტორი მადლობას უძღვნის პროფ. ე. ანდრონიკაშვილს შრომისადმი განსაკუთრებული ყურადღებისათვის და ლ. რცხილაძეს, რომელმაც შეასრულა გამოთვლების ნაწილი.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 10.6.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. C. B. Benson and A. C. Hollis-Hallett. The Oscillating Sphere at Large Amplitudes in Liquid Helium. Canadian Journ. Phys., 34, № 7, 1956, 668.
2. A. C. Hollis-Hallett. Experiments with Oscillating Disk Systems in Liquid Helium II. Proc. Roy. Soc. A. 210, № 1102, 1952, 404.

გეოფიზიკა

ბ. ბერიშვილი

 გეომაგნიტური ველის ვარიაციათა შესწავლის  
 საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე. ხარაძემ 12.10.1958)

მზე-დღეღამური გეომაგნიტური ვარიაციების ( $S_q, S_d, S_n$ ) შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ცნობილია [10], რომ სათანადო გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება მსჯელობა როგორც ხსენებული ვარიაციების, ისე აგრეთვე სხვა, მათთან წარმომობით დაკავშირებული მოვლენების ბუნების შესახებ.

წინამდებარე სტატია მიძღვნილია დღეღამურ გეომაგნიტურ ვარიაციათა, სახელდობრ —  $S_q$  და  $S_n$  ვარიაციათა ზოგიერთი თავისებურების გამოკვლევასადმი.

$S_q$  და  $S_n$  ვარიაციების ჰელიოაქტივობის დონის მიხედვით ცვლილების ხასიათის გამოკვლევის მიზნით გამოყენებულ იქნა მასალა ამ აქტივობის ციკლის სრული პერიოდისათვის (1933-1945 წწ.), რომელიც მოპოვებულია კარსანის (1933—1934 წწ.) [7] და დუშეთის (1936—1945 წწ.) მაგნიტური ობსერვატორიების მიერ. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ აქ არაა განხილული 1935 წ. შესაბამისი მასალა, რადგან ამ დროისათვის კარსანის ობსერვატორიის ნორმალური მუშაობა დაირღვა მოხეტიალე ელექტრული დენების გავლენით, რაც გამოიწვია ობსერვატორიის მახლობელი რკინიგზების ხაზის ელექტროფიციერებამ [2].

აღნიშნავთ აგრეთვე, რომ შესაბამისი მასალის ასეთი გაერთიანებული განხილვა სავსებით დასაშვებია, რადგან დასახელებული პუნქტების გეომაგნიტური კოორდინატები მცირედაა განსხვავებული. დასმული ამოცანა რომ გადაგვეჭრა, სახელდობრ გამოგვეკვლია  $S_q$  და  $S_n$  ვარიაციათა ცვალებადობის თავისებურებანი მზიური აქტივობის დონის მიხედვით, პირველ რიგში ჩატარებულ იქნა ხსენებულ ვარიაციათა მართკუთხოვანი მდგენელების ( $\delta X, \delta Y, \delta Z$ ) საშუალოწლიური დღეღამური სვლების ჰარმონიული ანალიზი<sup>(1)</sup>.

1 ცხრილი იძლევა ფურიეს პირველი და მეორე რიგის კოეფიციენტთა მნიშვნელობებს ( $C_1, C_2$ ); გარდა ამისა, უკანასკნელ სვეტში მოცემულია მზის ლაქათა ფარდობით (ვოლფის) რიცხვთა სიდიდეები ( $W$ ).

უპირველეს ყოვლისა აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ პირველ ჰარმონიკთა ამპლიტუდები საერთოდ დიდად აღემატებიან მეორე ჰარმონიკთა ამპლიტუდებს; ამ მხრივ გამონაკლისს შეადგენს  $\delta X_q$ -ს შესაბამისი ამპლიტუდები.

<sup>(1)</sup> ცხადია, რომ ამ მდგენელების ვარიაციათა გამოთვლის შემდეგ და სათანადოდ ჰარმონიული ანალიზის წინ შესაბამისი დღეღამური სვლები შესწორდა არაციკლურ ვარიაციებზე.



აღნიშნული ფაქტი კარგად ეთანხმება სხვა ავტორთა მიერ აღრე მიღებულ შედეგებს [3, 4, 10].

კორელაციის კოეფიციენტთა გამოთვლა, ერთი მხრივ, ფურიეს ხსენებულ  $C_1$  და  $C_2$  კოეფიციენტებსა და, მეორე მხრივ, ვოლფის რიცხვთა საშუალო-წლიურ მნიშვნელობათა შორის გვაძლევს (იხ. ცხრილი 2):

1. როგორც  $\delta X_q$ -ს, ისე  $\delta X_D$ -ს ფურიეს  $C_1$  და  $C_2$  კოეფიციენტები არაა კორელაციურ კავშირში ვოლფის  $W$  რიცხვთა ციკლურ ცვლასთან;

2.  $\delta Y_q$ -ს შემთხვევაში კორელაციის შესაბამისი კოეფიციენტები მეტად დიდია, მაშინ როცა  $\delta Y_D$ -სათვის სათანადო კოეფიციენტებს მცირე მნიშვნელობები აქვს;

3.  $\delta Z$ -სათვის ( $\delta Z_q$ ,  $\delta Z_D$ ) აღინიშნება ისეთივე კორელაციური კავშირი, როგორც  $\delta Y$ -სათვის ( $\delta Y_q$ ,  $\delta Y_D$ ).

ყოველივე აღნიშნულის რეზუმირებისას აუცილებელია განსაკუთრებული ყურადღება მივაქციოთ იმ ფაქტს, რომ  $S_q$  ვარიაციათა სხვადასხვა კომპონენტზე ( $\delta X_q$ ,  $\delta Y_q$ ,  $\delta Z_q$ ) ჰელიოაქტივობის ქმედების ხასიათი არაა ერთნაირი. მართლაც, მაშინ როცა  $\delta Y_q$ -სა და  $\delta Z_q$ -სათვის პირველი ჰარმონიკების ამპლიტუდები დიდია მეორე ჰარმონიკების ამპლიტუდებზე,  $\delta X_q$ -ს შემთხვევაში ადგილი აქვს შებრუნებულ მოვლენას. უფრო მეტიც, თავისებურია აგრეთვე ხასიათიც მისი პირველი ორი ჰარმონიკის ამპლიტუდის ცვალებადობისა ჰელიოაქტივობის ციკლის გასწვრივ, სახელდობრ—ამ ცვალებადობას არა აქვს არავითარი კორელაციური კავშირი ჰელიოაქტივობის ციკლურ ცვალებადობასთან.

უკანასკნელი ფაქტი, როგორც ჩანს, შეიძლება დაუკავშირდეს იმ გარემოებას, რომ გამოსავალი მასალა შეესაბამება პუნქტს, რომელიც, როგორც ცნობილია [10], მდებარეობს  $\delta X_q$  ვარიაციათა ფორმის ცვლის გარდამავალ ზონაში.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ვარიაციათა თავისებური ხასიათის შესახებ ხსენებულ ზონაში მითითებული იყო არაერთხელ [3, 4, 10]. ზემოთ აღნიშნულს უნდა დაემატოს შემდეგიც.

ეიგენსონის მონაცემებით [9], საშუალო სიხისტე ჰელიორადიაციისა, რომელიც შედგება სხვადასხვა ენერჯის მქონე ორი კომპონენტისაგან მაინც, იცვლება ჰელიოაქტივობის ცვლილების შესაბამისად; ამასთან ამ რადიაციის რბილი კომპონენტის ფარდობითი წილი განიცდის შებრუნებულ ცვალებადობას, მცირდება რა ციკლის მაქსიმუმისაკენ.

მეორე მხრივ, როგორც ცნობილია [5, 6], გეომანტიური ველის დღელამური ვარიაციები განპირობებულია, გარდა ტალღურისა, კორპუსკულური ჰელიოგამოსხივებითაც. ამასთან შემადგენლობაში უწყვეტი კორპუსკულური გამოსხივებისა, რომელიც ქმნის ერთგვარ ფონს დღელამური ვარიაციებისას დღელამური ტალღის სახით, წყნარ დღეებში უნდა მატულობდეს რბილი კომპონენტის როლი, რითაც ისახება ტენდენცია ჰარმონიკების ციკლური სვლის ზემოაღნიშნული დარღვევისა. ეს მოვლენა, ბუნებრივია, უფრო ცხადად თავს უნდა იჩინდეს განსახილავ  $\delta X_q$  ვარიაციების შემთხვევაში, რადგან ისინი, თანახმად ზემოთქმულისა, შეესაბამებიან პუნქტს, რომელიც მდებარეობს მათი ფორმის ცვლის გარდამავალ ზონაში.

გადავიდეთ ახლა  $S_D$  ვარიაციების თავისებურებათა განხილვაზე. თუ მხედველობაში მივიღებდით, რომ  $S_D$  ვარიაციების განმსაზღვრელი ფაქტორი კორპუსკულური ჰელიოგაზოსხივებაა, შეიძლება კორელაციის კოეფიციენტების სიმცირე შემდეგნაირად აგვეხსნა.

საერთოდ ცნობილია [10], რომ გეომანტიური შესწავლებები დაიკვირვებიან ჰელიოაქტივობის როგორც მაქსიმუმის, ისე მინიმუმის ეპოქაში, და თუმცა მათი გამოჩენის სიხშირე (და ინტენსივობაც) ნაკლებია მინიმუმის წლებში, კორპუსკულურ გამოსხივებათა გეომანტიურ ველზე ქმედების ხასიათი დღე-ღიან დღეებში დიდად არ უნდა განსხვავდებოდეს თვით მინიმუმისა და მაქსიმუმის წლებშიც კი, რასაც შეეძლო თავის მხრივ გამოეწვია სათანადო ვარიაციების ციკლური სვლების შემოსენებული დარღვევა.

ცხრილი 1

წლები	ფურცის კოეფიციენტები												W
	$\delta X_q$		$\delta Y_q$		$\delta Z_q$		$\delta X_D$		$\delta Y_D$		$\delta Z_D$		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
1933	2,0	3,5	9,3	8,5	3,6	2,7	9,1	3,0	5,2	2,6	2,8	0,2	6
1934	2,5	3,3	10,1	8,5	3,7	3,0	8,7	1,4	5,2	2,7	2,4	0,4	9
1936	2,0	2,0	12,2	10,2	3,4	3,2	11,0	0,4	5,4	1,7	2,4	0,2	80
1937	3,1	3,2	14,0	11,7	7,4	5,4	5,0	1,3	6,0	1,3	4,6	0,4	114
1938	1,1	2,5	13,9	10,4	6,3	4,6	10,6	1,2	7,5	4,0	5,7	1,0	110
1939	1,5	2,2	10,4	7,8	5,5	3,8	12,3	0,8	8,5	2,6	3,2	1,3	89
1940	3,0	3,4	12,2	9,5	4,9	3,4	13,1	1,5	10,6	3,4	4,9	0,9	68
1941	2,0	3,0	11,9	8,0	4,4	3,3	17,9	0,4	12,0	2,8	7,3	1,7	48
1942	0,4	2,3	11,0	8,1	4,1	3,2	10,2	0,9	9,7	1,0	3,7	0,3	27
1943	0,6	2,2	10,1	7,6	3,1	3,0	15,1	2,6	10,3	1,5	4,5	0,4	15
1944	2,1	2,9	10,0	6,4	3,6	2,5	10,7	1,2	6,9	1,5	2,8	0,8	11
1945	2,2	3,4	10,3	8,1	4,2	3,6	11,8	2,5	6,8	2,6	2,7	0,4	36

ცხრილი 2

$R_{W, C_1} \delta X_q$	$R_{W, C_2} \delta X_q$	$R_{W, C_1} \delta Y_q$	$R_{W, C_2} \delta Y_q$	$R_{W, C_1} \delta Z_q$	$R_{W, C_2} \delta Z_q$	$R_{W, C_1} \delta X_D$	$R_{W, C_2} \delta X_D$	$R_{W, C_1} \delta Y_D$	$R_{W, C_2} \delta Y_D$	$R_{W, C_1} \delta Z_D$	$R_{W, C_2} \delta Z_D$
0,26	-0,22	0,85	0,88	0,89	0,85	-0,20	-0,57	0,00	0,27	0,38	0,30

ბოლოს, აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ კიდევ ერთი გარემოება. ეიგენსონის თანახმად [8], ჰელიოაქტივობის დონის ამალეხასთან ერთად ადგილი აქვს როგორც ცალკეული მძლავრი ჰელიომოვლენების რიცხვისა და როლის ზრდას, ისე ამ მოვლენების თვით ხასიათის ცვლილებასაც. თუკი მიმდინარე საუკუნის პირველი 11-წლიანი ციკლების მანძილზე ინდივიდუალური ჰელიომოვლენების, ერთი მხრივ, საერთო და, მეორე მხრივ, საშუალო სიმ-



ძლავრეთა მრუდები ურთიერთპარალელური იყო („ნორმალური“ ციკლები)<sup>(1)</sup>, შემდეგ მომდევნო ციკლებისათვის, ეს პარალელობა თანდათან ირღვეოდა, სანამ ბოლოს, განსახილავ ციკლში (1933—1945 წწ.), ხსენებული მრუდები არ გახდა თითქმის საწინააღმდეგო ფაზების მქონე („ანომალური“ ციკლები)<sup>(1)</sup>.

ყოველივე ნათქვამიდან ცხადია, რომ მზიურ ლაქათა ფარდობითი რიცხვები საუკუნეობრივი ციკლს ჩვენი ეპოქისათვის არ დარჩება მთლიანად რებრენენტალური რიგი გეოფიზიკური მოვლენების, მათ შორის საკვლევის, ანალიზისათვის.

რამდენადაც აქ მოყვანილი მოსაზრებანი ერთ-ერთი პირველია იმ ცდებიდან, რომელთა მიზანია ინტერპრეტაცია გაუკეთოს თბილისის (კარსანი, დღუშეთი) ობსერვატორიის მონაცემების მიხედვით გეომაგნიტური ელემენტების ჰარმონიული ანალიზის ზოგიერთ შედეგს, რაც ამასთან მეტად თუ საკვლად შეზღუდულ მასალას ეყრდნობა, ამდენად ისინი მოითხოვს შემდგომ შემოწმებას ახალი გამოკვლევებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 გეოფიზიკის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.10.1958)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. А. Вительс. Метеорология и Гидрология, 6, 1946.
2. А. И. Дидебулидзе и М. З. Нодиа. ЗАГЭС и Геомагнитная Обсерватория в Карсани. Изд. Геофиз. Обсерват. Грузии, 1928.
3. Н. А. Кацашвили. Некоторые особенности  $S_4$  вариации  $H$  в Тбилиси. Труды Инст. Геофизики АН Грузинской ССР, т. XVI, 1957.
4. Н. А. Кацашвили. Труды ТНИГИ, т. II, 1954.
5. В. И. Михалков. Труды Ташкентской Геофизической Обсерватории, вып. 4 (5), 1950.
6. В. И. Михалков. Труды Ташкентской Геофизической Обсерватории, вып. 9 (10), 1954.
7. М. З. Нодиа. Магнитные наблюдения в Карсани (близ Тбилиси) в 1932 г. Изд. АН ГССР, 1955.
8. М. С. Эйгенсон. Природа, 5, 1950.
9. М. С. Эйгенсон, М. Н. Гневывшев, А. И. Оль и Б. М. Рубашев. Солнечная активность и её земные проявления. ОГИЗ, 1948.
10. S. Chapman and J. Bartels. Geomagnetism, I, II, 1951.

(<sup>1</sup> ვიტელსის ტერმინოლოგიით [1].

პრ. არაშიძე

 ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერიზმის რეაქციის  
 მექანიზმი

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციციშვილმა 19.1.1959)

ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერების რეაქცია რგოლის გაფართოებით აღმოაჩინა ნ. ზელინსკიმ [1]. მის მიერ ნაჩვენებია, რომ ეთილციკლოპენტანზე ბრომისა და ბრომიანი ალუმინის მოქმედებით მიიღება პენტაბრომოტოლოლოლი. ამ უკანასკნელი ნაერთის წარმოქმნა ნ. ზელინსკიმ შემდეგნაირად ახსნა: ეთილციკლოპენტანი იზომერირებით მეთილციკლოპექსანს იძლევა, ამ უკანასკნელის ბრომირებით პენტაბრომოტოლოლოლი მიიღება. ნ. ზელინსკის [1] ამ აღმოჩენამ დასაბამი მისცა კვლევა-ძიების ახალი მიმართულებით გაშლას ციკლოპენტანის ჰომოლოგების კონტაქტურ-კატალიზური გარდაქმნების შესახებ. შემდგომ ციკლოპენტანური ნახშირწყალბადების იზომერირების რეაქცია რგოლის გაფართოებით ნაყოფიერად განაგრძეს მ. ტუროვა-პოლიაკმა და მისმა თანამშრომლებმა [2]. ერთ-და-ორჩანაცვლებული ციკლოპენტანის ჰომოლოგების მაგალითზე ნაჩვენებია, რომ ისინი იზომერირების რეაქციას განიცდიან რგოლის გაფართოებით, რის შედეგადაც ციკლოპექსანური ნახშირწყალბადები მიიღება.

ნ. ზელინსკიმ და მ. ტუროვა-პოლიაკმა [3] ციკლოპენტანის იზომერირების რეაქციის მექანიზმის ასახსნელად სამქლორიანი ალუმინის მონაწილეობით გამოთქვეს მოსაზრება, რომ სარეაქციოდ აღებული ნახშირწყალბადი განიცდის რგოლის გაზობას, რის შედეგად წარმოიქმნება რადიკალი ორი თავისუფალი ვალენტობით. ავტორების [3] აზრით, რეაქციის ეს შუალედი პროდუქტები ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერირების რეაქციის პირობებში წარმოქმნიან ახალს, უფრო მდგრადს—ექვსწევრიან რგოლს. თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნა ორი თავისუფალი ვალენტობით და ნახშირბადის ატომთა საკმარისი რიცხვით ექვსწევრიანი რგოლის წარმოსაქმნელად ექვსპერიმენტულად არ იყო დადასტურებული. ექვს-და ხუთწევრიანი რგოლების წარმოქმნა ღიაჯაჭვიანი ნახშირწყალბადებიდან ამჟამად არავითარ ეჭვს არ იწვევს. ბ. კაზანსკისა და ა. პლატეს [4], ბ. კაზანსკისა და ა. ლიბერმახის მიერ [5] დამტკიცებულია ღიაჯაჭვიანი ნახშირწყალბადებიდან დახურული ექვს-და ხუთწევრიანი რგოლების წარმოქმნის პრინციპული შესაძლებლობა.

ციკლოპენტანის იზომერირების რეაქციის მექანიზმს, არა რგოლის შეცვლით, არამედ რადიკალების გადანაწილებით, მიუძღვნეს გამოკვლევები გრინი-არმა და სტრატფორდმა [6], აგრეთვე პაინსმა და ივატიევმა [7]. ავტორების აზრით [6, 7], ციკლოპენტანის ამ სახის იზომერირება რადიკალების მოწყვეტით და შემდგომი ალკილირებით მიმდინარეობს. ასეთი დასკვნის არადაზღვერებლობა დამტკიცდა ს. მეხტიევის მიერ [8] ჩატარებული გამოკვლევებით. ბენზოლისა და იზოპროპილციკლოპენტანის ნარევის მაგალითზე ს. მეხტიევმა [8] ექვსპერიმენტით დაადასტურა, რომ თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნისა და ალკილირების შემთხვევაში ბენზოლის ჰომოლოგები უნდა წარმოქმნილიყო, რადგან ბენზოლი უფრო იოლად ალკილირდება, ვიდრე ნაფტენური ბირთვი. რეაქციის პროდუქტებში ბენზოლის ჰომოლოგები არ აღმოჩნდა, რაც იმას ამტკიცებს, რომ ნაფტენების იზომერირების რეაქციის მექანიზმი, მოწოდებული გრინიარისა და სტრატფორდის [6], პაინსისა და

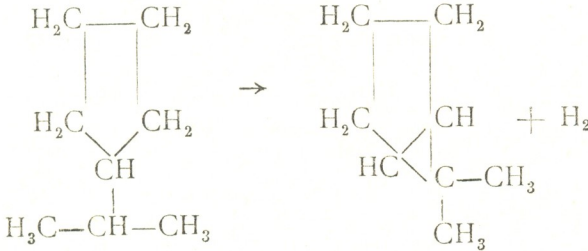


იპატოვის მიერ [7], სწორი არ არის. მართლაც, თუ ნაფტენების იზომერიზების რეაქცია რადიკალების მოწყვეტით მიმდინარეობს, მაშინ მეთილ-და ეთილნანაცვლებული ციკლანების იზომერების შემთხვევაში ადგილი უნდა ჰქონდეს აიროვანი ნახშირწყალბადების — ეთანისა და ბუთანის წარმოქმნას. ეს ნახშირწყალბადები უნდა წარმოიქმნას თავისუფალი რადიკალების შეჯახების გამო. მეთილ-და ეთილციკლოპენტანის იზომერიზების დროს, სამქლორიანი ალუმინის მონაწილეობით, მ. ტუროვა-პოლიაკის მიერ თანამშრომლებთან ერთად [2] ნაჩვენებია, რომ აიროვანი ნახშირწყალბადების წარმოქმნას ადგილი არა აქვს. ამგვარად, ნაფტენების იზომერიზების რეაქციის მექანიზმი დელაკილირებისა და ალკილირების რეაქციის შეხამებით ექსპერიმენტულად არ დასტურდება.

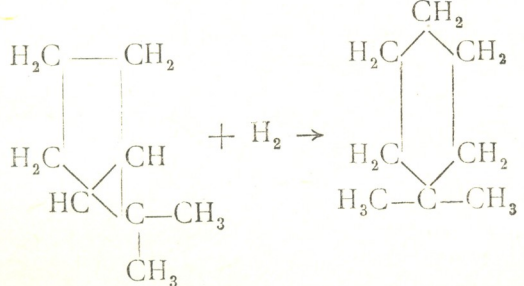
ნაჩვენებია, რომ [9] ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერიზების რეაქციის მექანიზმი შეიძლება აიხსნას კარბონიონის წარმოქმნით.

ჩვენ შესაძლებლად მიგვაჩნდა, რომ ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერიზების რეაქცია შეიძლება მიმდინარეობდეს სამწევრიანი რგოლის წარმოქმნით, რომლის შემდგომი გაობით იზომერული ნახშირწყალბადი მიიღება. ასეთი შეხედულება ექსპერიმენტულად იმ შემთხვევაში დადასტურდება, თუ მოხერხდებოდა იზომერიზების რეაქციისათვის ისეთი აგებულების ალკიციკლოპენტანის შერჩევა, რომელიც სამწევრიანი რგოლის წარმოქმნითა და შემდგომი გაობით მოგვცემდა ნახშირწყალბადს, რომელიც თავისი აგებულებით უპასუხებდა ჩვენ მიერ მოწოდებულ მექანიზმს ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერიზების რეაქციის შესახებ. ასეთ ნახშირწყალბადად ჩვენ მივიჩნიეთ იზობროპილციკლოპენტანი, რომელიც შერჩეულ იქნა ამ მიზნისათვის.

მართლაც, თუ ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერიზების დროს წარმოიქმნება სამწევრიანი რგოლი, ამ შემთხვევაში იზობროპილციკლოპენტანმა უნდა მოგვცეს ასეთი აგებულების ნახშირწყალბადი:



შემდგომმა გაობამ კავშირისა CH—CH შორის წყალბადის მიერთებით უნდა წარმოქმნას ჰემიანაცვლებული დიმეთილციკლოპენტანის:



ჩვენ მიერ მოწოდებული მექანიზმის ექსპერიმენტული დადასტურება იქნებოდა რეაქციის პროდუქტებში 1,1 დიმეთილციკლოპენტანის აღმოჩენა.



იზობროპილციკლოპენტანის იზომერიებით მიღებულ პროდუქტში 1,1-დიმეთილციკლოპენტანის არსებობა მართლაც დამტკიცდა. ამგვარად, ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა მუშაობამ ჩვენი მოსაზრება ვეფიქრობთ გაამართლა.

იზობროპილციკლოპენტანის იზომერიება ჩვენ მიერ განხორციელებულია სამქლორიანი ალუმინის მონაწილეობით ისეთ პირობებში, როგორც ეს აღწერილია მ. ტუროვა-პოლიაკისა და ტ. სლოვოხოტოვას შრომაში [10], მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ რეაქცია გრძელდებოდა არა ოცი, არამედ თექვსმეტი საათის განმავლობაში, რასაც თავისი გარკვეული მიზანდასახულება ჰქონდა, კერძოდ ის, რომ ჰემჩანაცვლებული დიმეთილციკლოპენტანის შემდგომი გარდაქმნისაგან გადაგვეჩინა.

მ. ტუროვა-პოლიაკმა და ტ. სლოვოხოტოვამ [10] იზობროპილციკლოპენტანის იზომერიებით მიღებული პროდუქტების იდენტიფიცირებისთვის გამოიყენეს ნ. ზელინსკის [11] შერჩევითი დეჰიდროგენული კატალიზის მეთოდი.

ჩვენი მიზნისათვის ამ მეთოდის გამოყენება არ იქნებოდა გონივრული, ვინაიდან ის ნივთიერება, რომლითაც ჩვენი მოლოდინი უნდა გამართლებულიყო. დეჰიდროგენული კატალიზის პირობებში სხვა ნივთიერებად გარდაიქმნება. ბ. კახანსკიმ და ა. ლიბერმანმა [12] აჩვენეს, რომ დეჰიდროგენული კატალიზის პირობებში ჰემჩანაცვლებული დიმეთილციკლოპენტანის იცვლება. ეს ნახშირწყალბადი იმ პირობებში იძლევა ძირითადად 1,3-დიმეთილციკლოპენტანს, გარდა ამისა, აგრეთვე 1,2-დიმეთილციკლოპენტანსა და მეთილციკლოპენტანს, რომელთა დეჰიდრირება მათ შესაბამის არომატულ ნახშირწყალბადებს იძლევა.

უნდა ვივარაუდოთ, რომ მ-ქსილოლი, აღმოჩენილი მ. ტუროვა-პოლიაკისა და ტ. სლოვოხოტოვას მიერ [10] იზობროპილციკლოპენტანის იზომერიების რეაქციის პროდუქტებში, ასევე იყო წარმოქმნილი, ე. ი. იზობროპილციკლოპენტანმა იზომერიების დროს მოგვცა 1,1-დიმეთილციკლოპენტანის, რომელიც დეჰიდროგენული კატალიზის პირობებში გარდაიქმნა ნაწილობრივ 1,3-დიმეთილციკლოპენტანად, რომლის დეჰიდრირებით მ-ქსილოლი წარმოიქმნა.

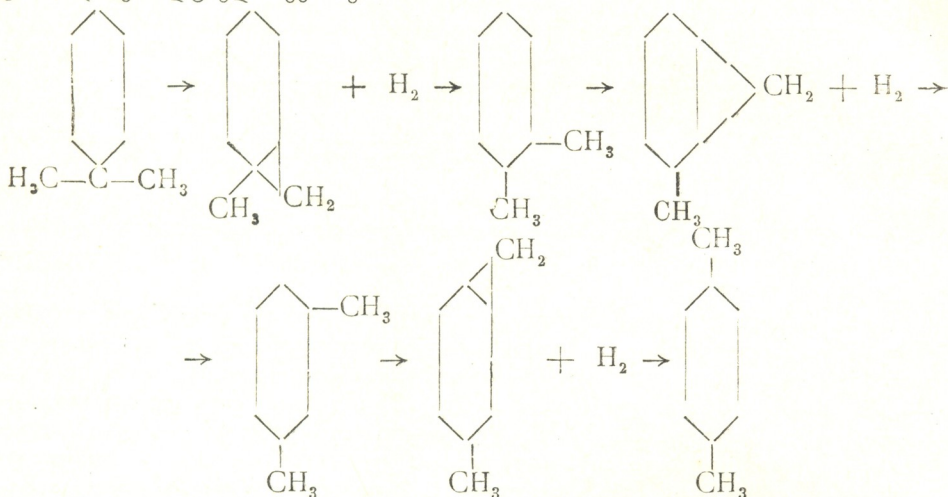
ზემოაღნიშნული მოსაზრების გამო, იზობროპილციკლოპენტანის იზომერების რეაქციის პროდუქტების იდენტიფიცირებისათვის, ჩვენ გამოვიცხეთ დეჰიდროგენული კატალიზის მეთოდი და გამოვიყენეთ კომბინაციური ვაფანტის მეთოდი, მოწოდებული რამანის, მანდელშტამისა და ლანდსბერგის მიერ. გარდა 1,1-დიმეთილციკლოპენტანისა (20%), იზომერიზატში აღმოჩენილია ტრანს-1,4-დიმეთილციკლოპენტანი (15%), ცის-1,3-დიმეთილციკლოპენტანი (55%) და ტრანს-1,3-დიმეთილციკლოპენტანი (10%)<sup>(1)</sup>.

ჩვენ არც ველოდით, რომ იზობროპილციკლოპენტანის იზომერიების რეაქცია მთლიანად შეჩერდებოდა 1,1-დიმეთილციკლოპენტანის წარმოქმნის საფეხურზე. ეს ნახშირწყალბადი, როგორც ცნობილია ნ. ზელინსკის და მ. ტუროვა-პოლიაკის შრომიდან [3], იზობროპილციკლოპენტანის იზომერიების პირობებში, ე. ი. იმ პირობებში, რომელშიც ჩვენ ცდა ჩავატარეთ, ძირითადად 1,3-და 1,4-დიმეთილციკლოპენტანად გარდაიქმნება. ჩვენ მიერ აღმოჩენილი 1,3-და 1,4-დიმეთილციკლოპენტანი ალბათ მეორადი წარმონაქმნის პროდუქტებს წარმოადგენენ. 1,1-დიმეთილციკლოპენტანი, ჩვენ კდის პირობებში წარმოქმნილი, გარდაიქმნება 1,3-და 1,4-დიმეთილციკლოპენტანად. ეს გარდაქმნა, ჩვენი გაგებით, მიმდინარეობს იმავე მექანიზმით, როგორც ალკილციკლოპენ-

<sup>(1)</sup> სპექტროსკოპული გამოკვლევა შესრულებულია ი. ვგოროვის მიერ, რისთვისაც მას მადლობას ვუძღვნით.



ტანების იზომერიების დროს. თუ ალკილციკლოპენტანი წარმოქმნის სამწვეკ-რისნ რგოლს, ალკილციკლოპექსანსაც შეუძლია წარმოქმნას სამწვეკრიანი რგოლი, რომლის შემდგომ გაბობას შეუძლია მოგვეცეს იზომერული (ჩვენ შემთხვევაში) დიმეთილციკლოპექსანები.

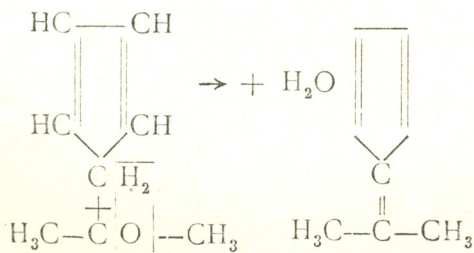


1,1-დიმეთილციკლოპექსანის იზომერიება სამქლორიანი ალუმინის მონაწილეობით შესწავლილი აქვთ ნ. ზელინსკისა და მ. ტუროვა-პოლიას [3]. მათ მიერ ნაჩვენებია, რომ ცდის იმ პირობებში, რომლებიც ახლოსაა ჩვენი ცდის პირობებთან, 1,1-დიმეთილციკლოპექსანი გარდაიქმნება, როგორც ზემოთაა ნაჩვენები, 1,3-და 1,4-დიმეთილციკლოპექსანად. ჩვენი ცდის პირობებში წარმოქმნილი 1,3-და 1,4-დიმეთილციკლოპექსანი ალბათ ამ რეაქციის მეშვეობითაა მიღებული. იზოპროპილციკლოპენტანის იზომერიების რეაქციით მიღებული 1,1-დიმეთილციკლოპექსანი განიცდის რადიკალების გადაანაცვლებას ზემოთ აღნიშნული სქემის მიხედვით.

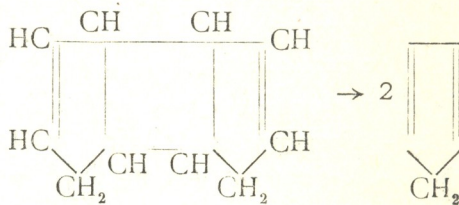
ექსპერიმენტული ნაწილი

კვლევა-ძიებისათვის საჭირო იზოპროპილციკლოპენტანი მიღებულია დიმეთილფულვენის აცტოლაჟში კატალიზური ჰიდრირებით. ჰიდრირებისათვის საჭირო კატალიზატორი-ნიკელი მომზადებულია იმ წესით, როგორც ეს რენეს აქვს აღწერილი.

დიმეთილფულვენი დასინთეზებულია იმ მეთოდის მიხედვით, როგორც ეს თილეს [13] შრომაშია მოცემული. თილეს მეთოდის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ციკლოპენტადიენი აცეტონთან კონდენსაციის რეაქციაში შედის ნატრიუმის ალკოპოლატის მონაწილეობით სპირტის არეში შემდეგი სქემის მიხედვით:



რეაქციისათვის საჭირო ციკლოპენტადიენი მიღებულია ჩვენ მიერ დიციკლოპენტადიენის დეპოლიმერიზაციით. ამ მიზნით დიციკლოპენტადიენი



პოთავსდა ფავორსკის კულაში, რომელიც შეერთებული იყო დახრილ მაცივართან. კულის ნელი ვათბობით მოხდა დიციკლოპენტადიენის დეპოლიმერიზაცია და რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი ციკლოპენტადიენის მიმღებში მოგროვდა.

ეთილატის სპირტხსნარი, რომელიც მომზადდა 250 მლ აბსოლუტური ეთილის სპირტისა და 19,5 გ ნატრიუმისაგან, მოთავსდა სამყელიან კულაში; კულა შეერთებული იყო უკუმაცივართან, საწვეთ ძაბრთან და მექანიკურ მოპრევთან. ახლად გამოხდილი ციკლოპენტადიენისა და აცეტონის ნარევი ფრთხილად დაემატა ალკოჰოლატის სპირტხსნარის მექანიკური მომრევის მუდმივი მოქმედების პირობებში. რეაქციის დამთავრების შემდეგ დაუმატეთ ყინულიანი წყალი. წყლიანი ფენა დავამუშავეთ ქლოროფორმით და გაშრობის შემდეგ გამოვხადეთ.

ახლად გამოხდილ დიმეთილფულვენს ვათავსებდით მოქანავე ავტოკლავში ვუმატებდით რენეს კატალიზატორს და ვაჰიდრირებდით ოთახის ტემპერატურაზე 50 ატმოსფერული წნევით. დიმეთილფულვენის ჰიდრირებას ვახდენდით ისე, როგორც ეს აღწერილი აქვთ ბ. კაზანსკისა და ე. ტერენტეევას [14], მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ გამოირიცხული იყო გამხსნელის გამოყენება და მბრუნავი ავტოკლავის მაგივრად მოქანავე ავტოკლავი გამოვიყენეთ.

ჰიდრირების დამთავრების შემდეგ კატალიზატორი მოვაცილეთ ნახშირწყალბადს, ეს უქანასკნელი გავრცეხეთ ჭერ გოგირდის მყავათი, შემდეგ წყლით, სოდის 10%-იანი ხსნარით და ბოლოს წყლით, გავაშრეთ ქლორკალციუმით და გამოვხადეთ ლითონ ნატრიუმის თანდასწრებით. იზოპროპილციკლოპენტანი უარყოფით რეაქციას იძლეოდა უჯერ ნახშირწყალბადებზე და ხასიათდებოდა შემდეგი ფიზიკური მაჩვენებლებით: დუღ. ტემპ. 126—126,5° 760 მმ წნევის პირობებში  $d_4^{20}$  0.7770,  $n_D^{20}$  1.4300. ლიტერატურული მონაცემებით [15], ამავე სიდიდეთა მნიშვნელობა ასეთია: დუღ. ტემპ. 126,8° 760 მმ წნევის პირობებში  $d_4^{20}$  0.7770,  $n_D^{20}$  1.4300

გამოსავალი ნახშირწყალბადის სინთეზი შესრულებულია მ. ლომონოსოვის სახელობის მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიაში ზ. ელავილის მონაწილეობით.

იზოპროპილციკლოპენტანის იზომერირება შემდეგ პირობებშია შესრულებული: სამყელიან კულაში, რომელიც შეერთებული იყო მექანიკურ მოპრევთან, უკუმაცივართან და თერმომეტრთან, მოვათავსეთ იზოპროპილციკლოპენტანი და სამქლორიანი ალუმინი თანაფარდობით 3 მოლი: 1 მოლთან. კულა თბებოდა ზეთის აბაზანაზე. ზეთის აბაზანის ტემპერატურის რეგულირებას ვახდენდით ლაბორატორიული ავტოტრანსფორმატორით. სარეაქციო ნარევიში ჩაშვებული თერმომეტრი უჩვენებდა 117—119°, ხოლო ზეთის აბაზანაში — 135—137°.



იზომერების რეაქცია გავრძელდა 16 საათს, ნახშირწყალბადი შემდეგ მოვაცილეთ რეაქციის პროდუქტი სათანადო გარეცხვისა და გამრობის შემდეგ გამოვხადეთ ლითონ ნატრიუმის თანდასწრებით. ნახშირწყალბადების ნარევი გამოიხადა 115—120,5° 720 მმ წნევის პირობებში. მათი ხვედრითა წონისა და სინათლის სხივთგადატეხის მნიშვნელობანი ასეთია:  $d_4^{20}$  0,7734;  $n_D^{20}$  1,4270.

რეაქციის პროდუქტი გამოკვლეული იყო კომბინაციური გაფანტვის მე-  
 თ. აღმოჩენილია 1,1-დიმეთილციკლოპექსანი, სიხშირეები  $\text{cm}^{-1}$  704(2);  
 28(0); 1028(1). ტრანს-1,3-დიმეთილციკლოპექსანი — 409(1); 419(4);  
 546(5); 771(6). ცის-1,3-დიმეთილციკლოპექსანი — 752(2); 1056(1); 1439(2);  
 1460(2). ტრანს-1,4-დიმეთილციკლოპექსანი — 376(2); 454(1); 760(5). სპექტ-  
 რების გაშიფრვა ჩატარდა სპექტრების ატლასის [16] გამოყენებით.

მაქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახელობის

ქიმიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 26.2.1959)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. Д. Зелинский и И. Папе. ЖРХО, 37, 625, 1905.
2. М. Б. Турова-Поляк с сотрудниками. ЖОХ, 9, 233, 429, 1279, 2179, 1939; 10, 172, 1435, 1940; 11, 824, (1941); 17, 137, 1947; Вестник МГУ, № 6, 55, 1950.
3. Н. Д. Зелинский и М. Б. Турова-Поляк. Уч. зап. МГУ, 151, 47, 1951.
4. Б. А. Казанский и А. Ф. Платэ. ЖОХ, 7, 328, 1937.
5. Б. А. Казанский, А. Л. Либерман и др. ДАН СССР, 95, 77, 1954; 95, 281, 1954; 105, 727, 1955.
6. V. Grignard, R. Stratford. C. R. 178, 1924, Chem. Abstr. 18, 3110, 1924.
7. H. Pines, V. Ipatieff. J. Am. Chem. Soc., 61, 1076, 1939.
8. С. Д. Мехтиев. ДАН СССР, 91, 849, 1953.
9. К. Д. Неницеску. Усп. хим., 26, 399, 1957.
10. М. Б. Турова-Поляк и Т. А. Словохотова. ЖОХ, 10, 1435, 1940.
11. Н. Д. Зелинский. ЖРХО, 43, 1220 1911; 44, 275 1912; 45, 52, 1913.
12. Б. А. Казанский и А. Л. Либерман. Изв. АН СССР, ОХН, 265, 1947.
13. J. Thiele. Ber., 33, 666, 1900.
14. Б. А. Казанский и Е. М. Терентьева. Синтез орг. соед. Изд. АН СССР, М.—Л., Сб. I, 1950, стр. 97.
15. G. Egloff. Physical constants of hydrocarbons, New York, vol II, 1940, 63.
16. Г. С. Ландсберг, П. А. Бажулин, М. М. Сушинский. Основные параметры спектров комбинационного рассеяния углеводов. Изд. АН СССР, М., 1956, стр. 177.

დ. ჟამბიელი

ყინვარების ცვალებადობა კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე  
შპანასკნელი 20—25 წლის განმავლობაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ჯავახიშვილმა 15.12.1957)

თანამედროვე თოვლ-ყინვარების საფარის დროსა და სივრცეში ცვალებადობის პროცესების შესწავლა არაა ინტერესმოკლებული იმ მიზეზით, რომ გავითვალისწინოთ თანამედროვე კლიმატური და ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების საერთო ცვალებადობის მსვლელობა, ერთი მხრივ, და შესაძლებლობა მოგვეცეს აღვადგინოთ მეოთხეული პერიოდის ყინვარული საფარის ცვალებადობის პალეოგეოგრაფიული პირობები. ამასთანავე, კავკასიონის სამხრეთი კალთის ყინვარების ცვალებადობის რეჟიმის შესწავლა და მისი შედარება საბჭოთა კავშირის მთიანი რაიონების ყინვარების ცვალებადობასთან საინტერესოა ხდება ყინვარების ცვალებადობის საერთო მიზეზების დასადგენადაც. კავკასიონის ქედზე არსებული ყინვარებიდან მდ. მდ. ენგურისა და რიონის აუზების წილად მოდის საკმაოდ დიდი რაოდენობა. მდ. ენგურის აუზში არსებობს 178 ყინვარი და მოიცავს 406 კმ<sup>2</sup> ფართობს. რიონის აუზში 58 ყინვარია და უკავია 52,7 კმ<sup>2</sup>.

ჩემ კიდევ გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან ზოგიერთი მკვლევარი აღნიშნავდა ყინვარების შემცირების საერთო ტენდენციას კავკასოზზე [1, 2, 3]. უფრო დაწვრილებითი ცნობები ზემო სვანეთის (ენგურის აუზი) თანამედროვე ყინვარების შემცირების შესახებ, იმ მდგომარეობასთან შედარებით, რომელიც მათ 1882—1896 წ.წ. ჰქონდათ, სამხედრო ტოპოგრაფიული რუკების გადაღების მომენტში, მოცემულ იქნა 1932—1933 წწ. [5], ხოლო რიონის ზენა: წელი-სათვის 1937 წ. [6].

ცნობებს, დამყარებულს ვიზუალურ დაკვირვებებზე კავკასიონის ყინვარების ცვალებადობის შესახებ, პირველად ვხვდებით ჰ. აბიხის [1] გამოკვლევებში, ხოლო მის შემდეგ ამ საკითხების შესახებ მასალები მოიპოვება რევოლუციისწინა პერიოდის მკვლევართა შრომებში.

საბჭოთა კავშირის მთიანი რაიონების ყინვარების ცვალებადობის რეჟიმზე ხანგრძლივი დაკვირვებები განხორციელებულ იქნა მხოლოდ 1932—1933 წლებში მეორე საერთაშორისო პოლარული წლის ჩატარებასთან დაკავშირებით. ამავე წლებში კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე გამოკვლეულ იქნა ყინვარები მდ. ენგურის აუზში [5]. ყინვარების კომპლექსურ შესწავლასთან ერთად მსხვილ მასშტაბში გადაღებულ იქნა აღნიშნული აუზის ყინვარების ენები და დადგინოდა მათი შემცირების სიდიდე 1888—1896 წწ სამხედრო ტოპოგრაფიის შედგენის შემდეგ.



ანალოგიური დაკვირვებები ჩატარდა რიონის აუზში 1937 წ. [6]<sup>1</sup> და გადაღებულია ზოგიერთი ცინვარის ენების ტოპოგრაფიული რუკები 1:2000 და 1:5000 მასშტაბით.

1957 წ. მდ. მდ. ენგურისა და რიონის აუზებში ჩატარებულმა დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ ცინვარებს საგრძნობი შემცირება განუცდიათ უკანასკნელი 20—25 წ. მანძილზე.

უკანასკნელი ორნახევარი ათეული წლების განმავლობაში ცინვართა ცვალებადობის საერთო სურათის გარკვევისათვის მოვიყვანთ მონაცემებს ზოგიერთი ცინვარის შემცირების შესახებ კავკასიონის ქედის სამხრეთ კალთაზე.

მდ. ენგურის აუზის ცინვარები. განმეორებითი დაკვირვებანი ჩატარდა მდ. ენგურის ზოგიერთ პირველი რივის ცინვარზე, რომელთა შესახებ არსებობდა 1932—1933 წ. წარმოებული დაკვირვების მასალები [5].

ცინვარი ჭალათი ერთერთი უდიდესი ცინვარია კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე (მდ. მულხრის აუზში). ენგურის აუზის თანამედროვე ცინვართა შორის ცინვარ ჭალათის ენა ყველაზე დაბლა ჩამოდის. ცინვარს სათავე აქვს მწ. ბუეღუხის (4037 მ) სამხრეთ კალთაზე. გრძელდება 7, 5 კმ და ბოლოვდება 1820 მ აბს. სიმაღლეზე. ცინვარის ენის ქვემო ნაწილი შევიწროებულია და დაფართული ზედაპირული მორონებით. ცინვარის ენის დაბოლოება შუა ნაწილში ქარაფადაა ჩამოკვეთილი, ხოლო გვერდებზე არსებობს ქიმები. მარცხენა ქიმი 50 მ წამოწეულია ცენტრალურ ნაწილთან შედარებით.

ყონვ. ჭალათის ენის ეხლანდელი მდებარეობის შედარება გასული საუკუნის 90-იან წლებში არსებულ მდგომარეობასთან და 1932—1933 წლის დაკვირვებების მასალებთან [5] გვიჩვენებს, რომ ცინვარს საგრძნობი ცვლილებები განუცდია.

1888—1896 წ. სამხედრო ტოპორუკების მიხედვით ცინ. ჭალათის ენა იშვებოდა 1619 მ აბს. სიმაღლიდან<sup>2</sup>. 1933 წ. ვ. რუტკოვსკაიას ცნობით, ცინვარი ბოლოვდებოდა 1738 მ. სიმაღლეზე. ცინვარის ენის დაბოლოების შეფარდებით სიმაღლეთა სხვაობა 1888—1896 და 1933 წწ. შუალედს შორის 120 მ აღწევს, ხოლო 1933 წ. 1957 წლებს შორის ცინვარმა 80—82 მ მაღლა გადაინაცვლა.

მე-2 საერთაშორისო პოლარულ წელთან დაკავშირებული გამოკვლევას მასალების მიხედვით [5], XIX საუკ. 90-იანი წლებიდან 1933 წლამდე ცინვარი დაბეული იყო უკან 750 მ, ხოლო 1933 წლიდან 1957 წლამდე მისი შემცირება 200—250 მ აღწევს. საერთოდ, 60—70 წ. მანძილზე ცინვარის შემცირება 1 კმ აღემატება.

საინტერესოა აღნიშნოს, რომ 1770—1780 მ სიმაღლეზე, იმ ადგილზე, სადაც ცინვარი ბოლოვდებოდა 1933 წ., არსებობს ბოლო მორენის მქალაქი ზვინული. ამ მორენის ზემოთ არსებობს კიდევ 4 ბოლო მორენის მწკრივი, დაშორებული ერთიმეორისაგან 50 მ მანძილით. ცინვარის ენისწინა ბოლო მორენები გამოსახულია პატარპატარა ბორცვაკების სახით და ფსკერის მორენებით.

ასეთ გარემოებას მივყავართ იმ დასკვნამდე, რომ 1933 წ. შემდეგ იწყება მომენტური ცინვარის შემცირების დროებით შეჩერების, რომლის შემდეგ ცინვარი ისევ იწყებს ინტენსიურ შემოკლებას.

<sup>1</sup> რუკები გადაღებულ იქნა ექსპედიციის წევრ ა. ასლანიკაშვილის მიერ.

<sup>2</sup> ბოლო მორენების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ ცინვარის ენა XIX საუკ. 90-იან წლებში უფრო მაღლა ბოლოვდებოდა, 1640—1650 მ. სიმაღლეზე, ვიდრე არის აღნიშნული იმ პერიოდის რუკებზე.



მიუხედავად მცირე დროით შეჩერებისა, ყინვარის ცხოვრებაში აღინიშნება შემცირების საერთო ტენდენცია და 60—70 წ. მანძილზე საშუალო წლიური უქანდახევის რაოდენობა 16—17 მ აღწევს, ხოლო უქანასკნელი 25 წლის მანძილზე—10—11 მ.

ყინვარი ლეხზირი წარმოადგენს ყველაზე უგრძეს ყინვარს კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე (11,8 კმ).

ყინვარის ენა ბოლოვდება 1870 მ აბს. სიმაღლეზე. ენის ბოლო ნაწილი მთლიანად დაფარულია მორენებით და არათანაბარი მოდნობის გამო ასიმეტრიული მოხაზულობისაა.

ვ. რუტკოვსკაიას (5) 1933 წ. მონაცემებით, ლეხზირის ყინვარის ენა 1857 მ სიმაღლეზე მდებარეობდა და რამდენიმე ათეული მეტრით დასცილდებოდა კლდოვან ვიწროებს. იმავე წელს ა. ბელიაშვილის მიერ 1:2000 მასშტაბით გადაღებულ რუკაზე ყინვარის დაბოლოება აღნიშნულია 1881 მ სიმაღლეზე.

თუ დავემყარებით ა. ბელიაშვილის რუკას, მაშინ ყინვარის ვერტიკალური გადანაცვლება 25 წლის მანძილზე 50—52 მ აღწევს. ყინვარის ქვემოთ, 150—200 მ დაშორებით, გამოჩენილია კლდოვანი შვერილი (ვერძის შუბლი), რომელიც 1933 წ. ტოპოგრაფების დროს არ იყო გამოიშვლებული.

თუ ყინვარის ენის 1933 წ. მდებარეობას შევადარებთ იმ დეცომარეობასთან, რომელიც ჰქონდა მას XIX საუკ. 90 წლებში, ყინვარის შემცირება 40—45 წ. მანძილზე 1250 მ აღწევდა [19], ხოლო 1933 წლიდან 1957 წლამდე მას 400—450 მ-ით დაუხევია უქან.

ამრიგად, XIX საუკ. დამლევეს სამხედრო ტოპორუკების შედგენიდან დღემდე, 60—70 წლის მანძილზე ყინვარი შემცირებულია 1700 მ. მიუხედავად მცირე ხნით შეჩერებისა (რასაც მოწმობს ბოლო მორენების განლაგება), ყინვარის საშუალო წლიური დახევა 1896 წლიდან 1933 წლამდე 16 მ აღწევს, ხოლო 1933 წლიდან 1957 წ. შორის — 20 მ.

ყინ. წანერი წარმოადგენს მეორე უდიდეს ყინვარს ენგურის აუზში. ამჟამად (1957 წ.) ყინვარი ბოლოვდება ბრჭყალისმაგვარი მოყვანილობით კლდოვან ვიწროებში, პარკაშისა და ნაშკოდარის ქედებს შორის, 2220 მ სიმაღლეზე. ყინვარის წინ არსებობს 30—50 მ სიმაღლის ბოლო მორენის ზვინული.

ცნობები წანერის ყინვარის ენის მდებარეობის შესახებ მოგვებოვება XIX საუკ. მეორე ნახევრიდან კავკასიონის მკვლევრების შრომებში. ჰეიმის (1876 წ.) და ჰ. აბიხის (1877 წ.) მონაცემებით, წანერის ყინვარი ბოლოვდებოდა 1894 მ სიმაღლეზე. დეშის მიხედვით — 1887 მ, ყინვარის ენა ჩამოიდოდა 2000 მ, ხოლო გასული საუკუნის 90-იანი წლების სამხედრო ტოპორუკების მიხედვით, ყინვარის ენა მდებარეობდა 2084 მ სიმაღლეზე, ყინვარ ნაღების შეერთების ქვემოთ. ამასვე ადასტურებდა ნ. ყუკოვი, რომელმაც ყინვარი იხაზულა 1890 წ. ვ. რუტკოვსკაიას დაკვირვებით [5], 1890 წლიდან 1933 წლამდე წანერის ყინვარმა უქან დაიხია 900—1000 მ, ხოლო ნაღების ყინვარმა — 600 მ. 1933 წლიდან 1957 წლამდე ყინვარს დაუხევია 100—150 მ.

მიუხედავად იმისა, რომ ამ ხნის განმავლობაში ყინვარს მცირე მანძილით დაუხევია უქან, იგი ძალზე შემცირებულია მოკულობაში. 1931 წ. კატინ-ტაუგისტოლას მწვერვალების ტრავერსიდან დაშვებისას ამ სტრატეგების ავტორი თავისუფლად გადავიდა ყინვარის ენის დაბოლოებიდან მის მარჯვნივ არსებულ გრანიტულ კლდეებზე, სადაც არსებობდა სამთო ტურისტული ბილიკი. 1957 წ. ყინვარის ხელახლა ნახვისას აღმოჩნდა, რომ იგი დაშორებულია კლდოვან რიგელს, რომელსაც ებჯინებოდა, რა კლდესა და ყინვარს შორის არის 40—50 მ



სიმაღლის ღრმული, რის გამოც კლიდიდან ყინვარზე გადასვლა ძნელია. ახლად დატოვებული, ბოლო და გვერდითი მორენები მიუთითებს ყინვარის სისქის შემცირებაზე 15—20 მ რაოდენობით.

რაც შეეხება ნაღების ყინვარს, იგი ამ 25 წლის მანძილზე შემცირებულია უფრო მეტი მანძილით, 200—250 მ, ვიდრე წანერი.

ყინვარი ჰადიში. ზემო სვანეთის ყინვართა შორის ჰადიშის ყინვარი გამოირჩევა არა მარტო თავისი სილამაზით, რაც გამოწვეულია თვით ყინვარის მორფოლოგიური ბუნებით, არამედ მის გარშემო არსებული ლანდშაფტით და იმითაც, რომ მრავალი მკვლევარის აზრით მისთვის დამახასიათებელია სუსტი რყევები და უმნიშვნელო დახევა უკანასკნელი 6—7 ათეული წლის მანძილზე.

1870 წ. ე. ფაგრის მიერ ყინ. ჰადიშის ნახვისას მისი ენა ბოლოვდებოდა 2186 მ, 1890 წ. სამხედრო ტოპოგრაფების შედგენის მომენტში— 2266 მ, ხოლო დღეის ცნობით ყინვარი ეშვებოდა 2284 მ. კ. რუტკოვსკაია იზიარებს დღეის აზრს იმის შესახებ, რომ 1885—1887 წ. ჰადიში წინ მოიწვედა.

იმავე ავტორის მონაცემებით, ყინ. ჰადიში 1933 წ. ბოლოვდებოდა 2296 მ სიმაღლეზე. 1957 წ. ყინვარის ენის მდებარეობა განსაზღვრულ იქნა 2350 მ აბს. სიმაღლეზე.

ამრიგად, 1890 წლიდან 1933 წ. ყინვარი შემცირდა 200—250 მ, ხოლო 1933 წლიდან 1957 წლამდე მისი უკან დახევა 52 მ არ აღემატებოდა, ასე რომ სამუშაო წლიური დახევის მაქსიმუმი 2 მ აღწევს. გარდა ამისა, ბოლო მორენების სამი მწკრივის არსებობა 1933 წ. „მარკის“ და ყინვარის დაბოლოებას შორის მიუთითებს ყინვარის მცირე ხნით შეჩერების შესახებ ამ დროის მანძილზე.

ესოდენ უმნიშვნელო შემცირების (სულ 250—300 მ 60—70 წლის მანძილზე) მიზეზი, შესაძლებელია, დაკავშირებულია ყინვარის კვების არის ხელსაყრელ პირობებთან და თვით ყინვარის მორფოლოგიურ თავისებურებასთან.

ჰადიშის ყინვარს კვებავს ვრცელი ფირინის „რეზერვუარი“, რომელიც მოთავსებულია თეთნულდის, გისტოლასა და კატიან-ტაუს (ჰადიში) მწვერვალებს შორის.

ეძეება რა 450 მ სიმაღლიდან ერთ-ერთი უმაღლესი და ძნელად გადასალახავი ყინვარდნილის სახით მწ. მწ. თეთნულდის და კატიან-ტაუს შორის, ხეობის გაფართოებულ ნაწილში გამოსვლისთანავე ყინვარი სწრაფად იწყებს გავაკებას და სუსტად დანაპრალიანებული ენის სახით მოედინება.

დაკავშირებული ყინვარდნილის არაჩვეულებრივი დაწოლა ხელს უწყობს ენის წინსვლით მოძრაობას, რომელსაც აბათილებს ან მცირედ აჭარბებს ინტენსიური მოდნობის პროცესები. თუ ყინვარის უკან დახევის სიმძლავრე შედარებით სხვა ყინვარებთან უმნიშვნელოა, სამაგიეროდ მეტად შესამჩნევი ხდება მისი შემცირება სისქეში.

1931 წ. ყინვარის ენის სისქე, დაბოლოებიდან 100 მ დაშორებით, 40—50 მ აღწევდა. 1957 წ. დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ ყინვარის ენის კონფიგურაცია ძალზე შეცვლილია 1931 წელთან შედარებით.

ყინვარის ენის დაბოლოების სიმძლავრე 15—20 მ არ აღემატება, ხოლო სიგანეში შემცირებულია 100—150 მ.

ყინვარი შხარა მდებარეობს მდ. ენგურის სათავეში, იკვებება ფირინის ველიდან წამოსული ზვავებით, რომლებიც სისტემატურად ჩამოდის მწ. შხარის სამხრეთ ქარაფი კალთებიდან. ყინვარის ზემო ნაწილი ორი ნაკად-



საგან შედგება, ძალზე დანაპარლიანებულია და წარმოქმნის ყინვარდნის. აღნიშნული ნაკადების შეერთებიდან ყინვარი იწყებს შედარებით წყნარ დინებას, მოვაკებულია და დეფარული მორენებით. ყინვარის ენა ბოლოვდება 2443 მ აბს. სიმაღლეზე 1957 წ. ვ. რუტკოვსკაიას ცნობით, ყინ. შხარა 1933 წ. ბოლოვდებოდა 2387 მ, თითქმის იმავე სიმაღლეზე, რაც ფიქსირებული იყო 1890 წ. სამხედრო ტოპორუეების გადაღებისას. დასახელებული ავტორი გამოთქვამს აზრს, რომ 90-იანი წლების შემდეგ ყინვარი წინ მიიწევა.

1933 წლის შემდეგ ყინვარის ენის კონფიგურაცია უმნიშვნელოდ შეცვლილია, ენის ფრონტალური ნაწილი ქარაფად ეშვება, მარცხენა კიდე ძალზე გამდნარია. ახალი გვერდითი მორენები მოწმობს ამ 25 წლის მანძილზე ყინვარის სისქის შემცირებას 12—15 მ-ით, ხოლო ყინვარის ენას უკან დაუხვევია 200—250 მ.

თუ 1933 წლამდე ყინ. შხარა სტაციონალურ მდგომარეობაში იმყოფებოდა, ამ უკანასკნელი 25 წლის მანძილზე სისტემატურ შემცირებას განიცდის, შეჩერებებით უმნიშვნელო დროით.

მდ. რიონის ზემო წელის ყინვარები. რიონის ყინვარებზე დაკვირვებები ჩატარდა 1937 წ. და გადაღებულია ყინ. კირტიშოსა და ტოპსიტოს ენების ტოპორუეები 1:2000 და 1:5000 მასშტაბით [26].

1957 წ. განმეორებითმა დაკვირვებამ გვიჩვენა მდ. რიონის ზემო წელს ყინვარების საგრძნობი შემცირება გასული 20 წლის მანძილზე.

ყინვარი კირტიშო რიონის სათავეში ყველაზე უდიდეს ყინვარს წარმოადგენს. (6, 5 კმ). ყინვარს კვებას ვრცელი ფირნის ველი, მოთავსებული მწ. ციხვარასა და დების გადასვლას შორის. 1957 წ. სექტემბერში ყინვარის ენა ბოლოვდებოდა 2515 მ აბს. სიმაღლეზე.

ყინვარის ენის კონფიგურაცია იმდენად არის შეცვლილი, რომ მას არავითარი მსგავსება აღარ აქვს იმ მორფოლოგიურ მოხაზულობასთან, რაც მას ჰქონდა 20 წლის წინათ.

1937 წ. ყინვარის ენა ვრცელდებოდა პირველ ყინვარდნის ბეჭობს ქვემოთ 700—800 მ. მანძილზე და ბოლოვდებოდა ენისმაგვარი იდეალური მოხაზულობით 2380 მ სიმაღლეზე, ყინვარის დაბოლოებიდან 600 მ დაშორებით; ენის სიგანე აღწევდა 450—500 მ, ხოლო სისქე — 40—50 მ.

ყინვარის ენის 1890 წ. არსებული მდებარეობის შედარებამ, რუკების მიხედვით, 1937 წლის მდებარეობასთან გვიჩვენა, რომ 40—50 წლის მანძილზე ყინვარი შემცირებულია 800—850 მ(21), ხოლო 1937—1957 წ. შორის ყინვარს უკან დაუხვევია 475 მ. სერთო შემცირების ჯამი 1890 წლიდან დღემდე 1275—1335 მ. აღწევს.

ამჟამად ყინვარის სისქე ენის დაბოლოებასთან 10—15 მ არ აღემატება. გამოშვლებულია კლდოვანი შვირილები პირველი ყინვარდნის ქვემოთ. „ნუნატაკების“ სახით, რომლებიც ანაწევრებენ ყინვარის ენას ცალკეულ ტოტებად.

ყინ. კირტიშოს საშუალო წლიური დახვევა 20 წ. განმავლობაში 23,7 მ აღწევს, ხოლო 60—70 წ. მანძილზე წლიური შემცირება 17,2 მ უდრის. როგორც ჩანს, ასეთი ინტენსიური საშუალო წლიური შემცირება არ არის შემჩნეული კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე არსებულ ყინვარებს შორის. შესაძლებელია, რომ ყინვარის ინტენსიური მოდნობის ხელშემწყობს წარმოადგენს ხეობის მორფოლოგიური თავისებურება (ღია, კლდოვანი და გამილილი) და ყინვარის ექსპოზიცია.



ყინვარი ზოფხიტო წარმოადგენს მეორე უდიდეს ყინვარს რიონის ხეობაში. ყინვარი ორი მთავარი ნაკადისაგან შედგება: მარჯვენა ნაკადს სათავე აქვს მწ. გეზეს აღმოსავლეთ კალთაზე და სუსტი დაქანებით მიემართება აღმოსავლეთით. მარცხენა ნაკადი ჩამოედინება ყინვარდნილის სახით მწ. წითელიდან და დასავლეთით მიემართება. ჩრდილო მხრიდან მას უერთდება ორი ყინვარდნილი 1 და 1,5 კმ სიგრძისა. შეერთების შემდეგ ყინვარი ზოფხიტო სამხ.-სამხ.-აღმოსავლეთით მიემართება.

ყინვარის ენა ბოლოვდება ქარაფად, (დახრილია 50—60°) 2340 მ აბს. სიმაღლეზე. ყინვარული მღვიმე გადანაცვლებულია მარცხენა მხარეზე, ხოლო ენის საერთო მოხაზულობა მცირედ არის შეცვლილი 1937 წ. შემდეგ.

1937 წ. ყინვარი ბოლოვდებოდა 2240 მ სიმაღლეზე. მარჯა ტოპოგრაფიული რუპერით 1937 ტოპოგრაფიკების დროს გაკეთებული იყო 2230 მ სიმაღლეზე, ყინვარის ენიდან 120 მ დაშორებით.

1937 წლიდან 1957 წლამდე ყინვარს 280 მეტრით დაუხვია.

აღსანიშნავია, რომ ყინვ. ზოფხიტოს ცვალებადობაზე დაკვირვებები, თუმცა ხანგამოშვებით, მაგრამ შედარებით სისტემატურად წარმოებს 1937 წლიდან, ვიდრე კავკასიონის სამხრეთ კალთის სხვა რომელიმე ყინვარზე. 1942 წ. ყინვარ ზოფხიტოზე დაკვირვებას აწარმოებდა ამ სტრიქონების ავტორი, ხოლო შემდეგ ჩვენი თხოვნით ყინვარზე დაკვირვებებს განაგრძობდა ინჟ. გეოლოგი პ. წილოსანი.

9 წლის მანძილზე ჩატარებული დაკვირვებები ყინ. ზოფხიტოს რყევადობის შესახებ შემდეგ სურათს იძლევა (იხ. ცხრილი).

როგორც ამ ცხრილიდანაც ჩანს, ყინვარის შემცირება 25—25 წლის მანძილზე არათანაბრად მიმდინარეობდა: 1937 წლიდან 1942 წლამდე საშუალო წლიური დახვევა 20 მ აღწევს. 1942—1951 წლებს შორის წლიური დახვევა 9 მ არ აღემატება, ხოლო 1951—1957 წ.წ. მანძილზე ისევ იზრდება.

ასეთი მოვლენა, — ყინვარის მოდნობის შემცირება და გაძლიერება ამავე წლებისათვის შეიმჩნევა კავკასიონის სამხრეთი კალთის თითქმის ყველა ყინვარზე.

დაკვირვების დრო	მანძილი ყინვარის ბოლოდან 1937 წ. მარკამდე	ყინვარის შემცირება მეტრებით	დამკვირვებელი
1937. წ. 20—VIII	120 მ	—	დ. წერეთელი
1940. 6—IX	180	60	პ. წილოსანი
1942. 28—VIII	220	100	დ. წერეთელი
1942. 15—IX	225	105	
1951. 19—VIII	306	186	პ. წილოსანი
1953. 24—VIII	345	225	"
1954. 29—VII	352	232	თ. დოლაბერიძე
1955. 11—X	364	244	პ. წილოსანი
1956. 23—VIII	380	260	"
1957. 28—IX	400	280	დ. წერეთელი

შეიძლება აღინიშნოს, რომ ყინვარ ზოფხიტოზე შეიმჩნევა სისტემატური უკან დახვევა XIX საუკ. 90 წლებში ჩატარებული სამხედრო ტოპოგრაფიკების გაღებების შემდეგ. 1890 წლიდან 1937 წლამდე ყინვარმა დაიხია 720—800 მ,



ხოლო 60—70 წ. მანძილზე (1937—1957 წ.) ყინვარი შემცირებულია 1000—1100 მ-ით.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ყინვარების ცვალებადობა დიდხანია ცნობილია. ალპებისა და კავკასიონის მკვლევარები (აბიზი, დინიკი და სხვები) აღნიშნავენ როგორც ყინვარების უკან დახევას, ისე მათ პერიოდულ წინსვლას. გაუკეთა რა ნალოზი ალპების ყინვარებზე ჩატარებული დაკვირვებებს მასალებს, ცნობილმა მკვლევარმა ფორელმა გამოთქვა აზრი, რომ არსებობს 10—25 წ. პერიოდები ყინვარების წინსვლისა და უკან დახვევისა. მართლაც, თუ ჩვენ გადავხედავთ მასალებს ალპების ყინვარების რყევის შესახებ 1595 წლიდან 1860 წლებამდე, ამჟამად ჩანს, რომ ყინვარების წინსვლის პერიოდები მერყეობს 4—25 წლის ფარგლებში, ხოლო უკან დახვევის — 7 — 25 წლის მანძილზე.

ცხადია, ძნელია ვიჭონოთ მსჯელობა კავკასიონის სამხრეთ კალთის ყინვარების პერიოდული ცვალებადობის ხასიათის შესახებ და გამოვიტანოთ მის შესახებ რაიმე გასზოგადებული დასკვნები იმის გამო, რომ 1932—1933 წლამდე არ მოგვეპოვებოდა სპეციალური, კომპლექსური დაკვირვების მასალები ყინვართა რეჟიმის შესახებ კავკასიონზე, მაგრამ თუ დავეყრდნობით XIX საუკუნის დამლევს შედგენილ ტოპოგრაფიულ და კავკასიონის ყინვარებზე ჩატარებულ სპეციალურ გამოკვლევებს 1932, 1933, 1937, 1940 და 1957 წწ, შეიძლება გარკვეულად ითქვას, რომ უკანასკნელი 60—70 წ. მანძილზე კავკასიონის სამხრეთ კალთის ყინვარები განიცდიან (თუმცა სხვადასხვა მასშტაბით) სისტემატურ შემცირებას უმნიშვნელო შეჩერების მომენტებით.

ზოგიერთი მკვლევრის მიერ გამოთქმული მოსაზრება, რომ ამ ხნის მანძილზე ადგილი ჰქონდა წინსვლით მოძრაობას რამდენიმე ყინვარზე (ჭალაოი, ჰადიში და სხვ), ფაქტობრივი მასალებით არ დასტურდება.

ამრიგად, ფორელის კანონი ყინვართა რყევადობის 10—25 წ. პერიოდების შესახებ უკანასკნელი 60—70 წ. მანძილზე არ პოულობს გამოსახულებას კავკასიონის ყინვარზე, თუ მხედველობაში არ მივიღებო ყინვარების წინსვლას, გამოწვეულს გრანდიოზული ზვავებით ჩამოტანილი თოვლით და თოვლ-ქვიან ზვავებს დედორაკის, მხელდა-აიღილ-სუს ყინვარებზე და სხვაგან.

ამასთანავე შეიძლება აღინიშნოს, რომ ყინვარების შემცირებასთან ერთად შესამჩნევი ხდება მარადიული თოვლის ხაზის ვერტიკალური გადანაცვლება. ა. რენარდის გამოანგარიშებით [4], კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე ამ საუკუნის 20-იან წლებში თოვლის ხაზის დებრესია დასავლეთ კავკასიონზე 2700—2800 მ სიმაღლემდე ჩამოდიოდა, ცენტრალურ კავკასიონზე (ენგურის აუზი) — 3000—3050 მ, ხოლო რიონის აუზში — 3100 მ. ენგურისა და რიონის აუზებში მარადიული თოვლის ხაზის დებრესიის ადგილზე შესწავლით 1957 წ. აღმოჩნდა, რომ 60—70 წ. მანძილზე მარადიული თოვლის ზღვარმა ენგურის ხეობაში საშუალოდ 3075 მ გადაინაცვლა, ხოლო რიონის აუზში — 3150 მ სიმაღლემდე. გეფერისა და ჰესის მეთოდებით თოვლის ხაზის თანამედროვე მდებარეობის გამოანგარიშებამ ენგურის აუზისათვის გვიჩვენა 3025—3040 მ, ხოლო რიონის აუზისათვის — 3100 — 3120 მ.

მთიანი მხარის (სვანეთი, რაჭა) ადგილობრივი უხუცესების გადმოცემით, ერთი საუკუნის მანძილზე თოვლის ხაზის მაღლა გადანაცვლება შემჩნეულია 75—100 მეტრამდე; ამასთან დაკავშირებით შეიმჩნევა კულტურულ-ლანდშაფტური ზონების ვერტიკალური განადნაცვლება (ქერის, ხორბლის, კარტოფილის ნათესები) მდ. მდ. ენგურისა და რიონის ხეობებში და თუშეთში. სვანეთ-



სა და ზემო რაჭაში იქ, სადაც ადრე არ ხარობდა ხეხილი, ამჟამად უკვე კარგად ხარობს და მწიფდება.

დასასრულ, შეიძლება გამოითქვას აზრი, რომ ყინვარების შემცირების საერთო ტენდენცია და ბევრი მათგანის სრულიად გაქრობა კავკასიონზე, ისევე, როგორც ივრანის სხვა მთიან მხარეებსა და პოლარულ ქვეყნებში, დაკავშირებული უნდა იყოს პლანეტარული მასშტაბის საერთო მოვლენებთან, რაც გამოიხატება გაყინვარების შემდგომ ჰაერის საერთო გათბობით და საშუალო ატმოსფერული ნალექების შემცირებით უკანასკნელი 6—7 ათეული წლის მანძილზე.

გამოკვლევებ, რომლებიც ახლა მიმდინარეობს საბჭოთა და უცხოელი მეცნიერების მიერ საერთაშორისო გეოფიზიკურ წელთან დაკავშირებით, საშუალებას მოგვცემს აიხსნას მთიან მხარეებში ყინვარების სწრაფი შემცირების მიზეზები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ვახუშტის სახელობის  
 გეოგრაფიის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 18.12.1958)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. А б и х. Исследование настоящих и древних ледников Кавказа. „Сборник сведений о Кавказе“. т. 1, 1878.
2. Н. Динник. Современные и древние ледники Кавказа. Зап. Кавк. Отдела Русск. Геогр. Общ. кн. XIV, вып. 1, Тифлис, 1890.
3. В. Михайловский. Горные группы и ледники Центрального Кавказа. „Землеведение“, т. 1, 1894.
4. А. Л. Рейнгарт. Снеговая граница в среднем Кавказа во верховьях уроча, Ардона и Риони. Изв. Кавк. Отд. Русск. Геогр. Общ. т. XXV, № 2—3, Тифлис, 1917.
5. В. А. Рутковская. Ледники Верхней Сванетии, Кавказ. Ледниковые районы, Тр. ледниковых экспедиций, вып. 1, Л., 1936.
6. Д. Церетели. Современные ледники и признаки древнего оледенения бассейнов р. р. Риони и Джеджори. Вестник Гос. Музея Грузии, т. XII—А, Тбилиси, 1936 (на груз. яз.).



გეოლოგია

წ. ოთხმეწიერი

ამთხელის ტყვია-თუთიის მადნეული ველის მადნეული სხეულების ფორმირების თავისებურებანი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა პ. გამყრელიძემ 23.1958)

ამთხელის ტყვია-თუთიის მადნეული ველი ცენტრალურ აფხაზეთშია მდინარეების — კელასურისა და ამთხელის აუზების წყალგამყოფზე. მადნეული ველი შედგება ათი ერთმანეთისაგან მეტნაკლებად იზოლირებული უბნისაგან (1 და რამდენიმე მადნეული ლინზისაგან, რომლებიც სივრცობრივად ბათური ასაკის კელასურის გრანიტოიდულ ინტრუზივთანაა დაკავშირებული.

ამთხელის მადნეული ველის უბნები წარმოდგენილია გრანიტოიდებთან დაკავშირებული ერთი ან რამდენიმე მადნეული სხეულით. ექვსი უბნის მადნეული სხეულები ორიენტირებულია ჩრდილო-ჩრდილო-დასავლეთური მიმართულებით, სამ უბანზე განლაგებული სხეულები ხასიათდება ჩრდილო-აღმოსავლური, სუბმერიდიანული მიმართულებით, ხოლო ერთი მადნეული სხეული ორიენტირებულია ჩრდილო-დასავლეთური, დაახლოებით განედური მიმართულებით.

ამთხელის მადნები წარმოდგენილია თუთიისა და ტყვიის სულფიდებით და რკინის დისულფიდებით, რომლებიც წარმოქმნიან ძარღვებს, ჩანაწინწყლებსა და ლინზებს ჰიდროთერმულად შეცვლილ გრანიტოიდებსა და კვარც-კარბონატულ ძარღველ მასაში.

მადნის ფორმირება, ჩვენი დაკვირვებით [3], ხდებოდა მინერალიზაციის ორ სტადიაში, რომლებიც ერთმანეთისაგან გათიშული იყო შიდამინერალიზაციური ტექტონიკური ძვრით. ზირველ სტადიაში გამოიყოფოდა: სფალერიტი, რკინის დისულფიდები, ანკერიტი, ბარიტი, კვარცი, გალენიტი და რიგი სხვა მინერალები, რომლებიც ამთხელის მადნებში მცირედია გავრცელებული. მინერალიზაციის მეორე სტადიაში, როგორც დაკვირვებები გვიჩვენებს, გამოიყოფოდა გალენიტი და კალციტი. გამადნების ასაკი აღიინდელი მკვლევარების მიერ პირობითად განსაზღვრულია როგორც მესამეული.

ამთხელის მადნეულ სხეულებში მორფოლოგიური თვალსაზრისით შეიძლება გამადნების ორი ტიპი გამოიყოს—მადნეული ძარღვები და მინერალიზებული ზონები. მადნეული ძარღვები წარმოდგენილია კვარც-კარბონატული ძარღველი მასით, რომლებშიაც მადნეული მინერალები გვხვდება ძარღვების, ბუდეებისა და ჩანაწინწყლების სახით. ძარღველი სხეულების დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს მკვეთრი ზალბანდების არსებობა და შემცველი ქანების სუსტი ჰიდროთერმალური შეცვლა.

მინერალიზებული ზონები წარმოდგენილია ჰიდროთერმულად შეცვლილი გრანიტოიდებით, რომლებშიაც სულფიდები წარმოქმნიან ჩანაწინწყლებსა და ძარღვაკებს. მინერალიზებული ზონები გვერდით ქანებთან დაკავშირებულია თანდათანობითი გადასვლებით და ჰიდროთერმული შეცვლა ამ შემთხვევაში უფრო ინტენსიურია.

(1 ამთხელის გეოლოგიურ-საძიებო პარტიის გეოლოგები თავის ანგარიშებში ამ უბნებს მადნეულ ზონებს უწოდებენ.



მიუხედავად გამადნების ამ ორი ტიპის სხვადასხვაობისა. ზოგ უბანში ერთი და იმავე მადნეული სხეულის ფარგლებში აღინიშნება მინერალიზებული ზონის გადასვლა მადნეულ ძარღვში და პირუკუ.

მინერალიზებულ ზონებში გავრცელებულია უმთავრესად ძარღვეული. ჩაწინწყალულ-ძარღვეული, ჩაწინწყალული და, იშვიათად, მასიური ტექსტურის მადნები. ძარღვეულ სხეულებში აღინიშნება მხოლოდ ჩაწინწყალული, იშვიათად ზოლებრივი და ბრექჩიული ტექსტურის მადნები. მადნეული ძარღვების მინერალიზებულ ზონებში გარდამავალ უბნებთან დაკავშირებულია კოკარდული ტექსტურის მადნები.

ძარღვეული ტექსტურის მადნებს ჩვეულებრივ სფალერიტი წარმოქმნის და ამ ტიპის მადნები მხოლოდ ჰიდროთერმულად შეცვლილ გრანიტოიდებში აღინიშნება. სფალერიტის ძარღვები ზოგან ხშირი ქსელის სახით კვეთენ გრანიტოიდებს და იწვევენ მათ ინტენსიურ ჰიდროთერმულ შეცვლას. ძარღვეული მადნების წარმოქმნა, როგორც ჩანს, გაპირობებულია გამადნების პროცესში ნაპრალების უფრო სწრაფი გაფართოებით, ვიდრე ამ უკანასკნელთა ამოვსება ჰიდროთერმული ხსნარებიდან გამოკრისტალებული ნივთიერებებით; ამით აიხსნება ძარღვეული ტექსტურის მადნების ცალკეული ძარღვების მკვეთრი ზალბანდების არსებობა.

ნაპრალების უფრო ნელი გაფართოების შემთხვევაში მადნეული მასის ნაწილი ავსებს მათ, ხოლო ნაწილი იჟონება გვერდით ქანებში და წარმოქმნის იქ ჩანაწინწყლებს. ამ შემთხვევაში აღინიშნება სფალერიტის ჩაწინწყალულ-ძარღვეული ტექსტურის მადნების წარმოქმნა. ჩაწინწყალულ-ძარღვეული მადნების ნიმუშებში, ძარღვეული ტექსტურის მადნებისაგან განსხვავებით, მადნეული მინერალების ძარღვისებრ გამონაყოფებს მკვეთრი ზალბანდები არ გააჩნია, მათ პერიფერიულ ნაწილებში აღინიშნება სფალერიტის ხშირი ჩანაწინწყლები.

გრანიტოიდებსა და კვარც-კარბონატულ ძარღვეულ მასაში ნაპრალების არ არსებობის შემთხვევაში ჰიდროთერმული ხსნარი მოძრაობს ფორებში, სადაც გამოყოფს მადნეულ ნივთიერებას და წარმოქმნის ჩაწინწყალული ტექსტურის მადნებს.

ამთხელის მადნეული ველის შესწავლის პროცესში ჩატარებულმა გეოლოგიურმა დაკვირვებებმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მადნეული ველის ფარგლებში ჩრდილო-დასავლეთ სამხრეთ-აღმოსავლეთური მიმართულების გამადნებისწინა ტექტონიკური მოძრაობები [4].

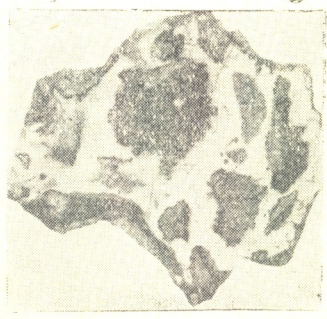
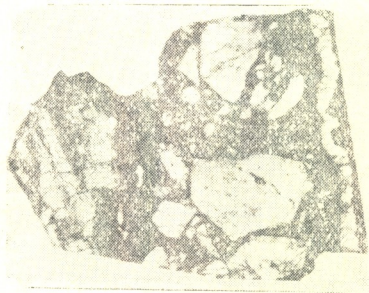
გამადნებისწინ, ტექტონიკური მოძრაობების არსებობამ თავისი გამოხატულება ჰპოვა როგორც მადნეული სხეულების აგებულებაში [4], ისე მადნის ტექსტურებშიც.

გამადნებისწინა ტექტონიკური მოძრაობებითაა გაპირობებული მადნეულ ძარღვებში ბრექჩიული ტექსტურის მადნების არსებობა, ხოლო მინერალიზებული ზონებისა და მადნეულ ძარღვების გარდამავალ უბნებში კოკარდული ტექსტურის მადნები. ბრექჩიული ტექსტურის მადნები ჩვეულებრივ წარმოდგენილია შეცვლილი გრანიტოიდების ნამსხვრევებით, რომლებიც შეცემენტებულია რკინის დისულფიდებით, გალენიტით, იშვიათად სფალერიტით და ძარღვეული მინერალებით (სურ. 1).

კოკარდული ტექსტურის მადნები წარმოადგენენ კვარც-კარბონატულ ძარღვეულ მასას გრანიტოიდების ნამსხვრევებით, რომელთაც გარს ერტყმის სფალერიტის არშიები. ზოგჯერ ამ არშიებში მონაწილეობას იღებს ზონალურ-კონცენტრული აგებულების კვარციც (სურ. 2).



ცალკეული მადნეული სხეულების აგებულების დეტალურმა შესწავლამ საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მადნეული სხეულების ფორმირების პროცესში შიდამინერალიზაციური ტექტონიკური ძვრის არსებობა. ეს შიდამინერალიზაციული ძვრა ყოფს მადანწარმოქმნის პროცესს ორ სტადიად, და ნაპრალების მიმართულება, რომლებიც ამ ძვრითაა გამოწვეული, სუბპარალელურია ჩრდილო-დასავლეთური მიმართულების მადნეული სხეულებისა.



სურ. 1. ბრეჯილული ტექსტურა. გრანიტიდების ნამსჭრევები შეცემენტებული სულფიდებით. ნატურალური სიდიდის დაახლოებით 0,5

სურ. 2. კოკარდული ტექსტურა. გრანიტიდების ნამსჭრევები სფალერიტისა და კვარცის არშიებით. ნატურალური სიდიდის 0,25

შიდამინერალიზაციური ძვრის არსებობა ჩვენ მიერ დადგენილია ერთ-ერთ სამთო გამონამუშევარში, სადაც 60 სმ სიმაღლისა და ჩრდილო-დასავლეთური (330°) მიმართულების კვარც-კარბონატულ-სულფიდური ძარღვი იკვეთება 8—10 სმ სიგანის სუბპარალელური ნაპრალით.

ამ ნაპრალის გასწვრივ აღინიშნება მადნეული ძარღვის გადაადგილება ერთ მეტრამდე, ამასთანავე ნაჯარები ნაპრალის კედლებზე მიგვითითებენ დაახლოებით ჰორიზონტული მიმართულების გადაადგილებას. ნაპრალი ზოგ ადგილას შევსებულია კალციტით, გალენიტის გამონაყოფებით ზალბანდებში (სურ. 3).

ამგვარად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ როგორც ეს ნაპრალი, ისე ტექტონიკური ძვრაც შიდამინერალიზაციურია.

ტექტონიკური ძვრის არსებობა მადნის საბოლოო ჩამოყალიბებამდე მადნების მიკროსკოპული შესწავლითაც მტკიცდება.

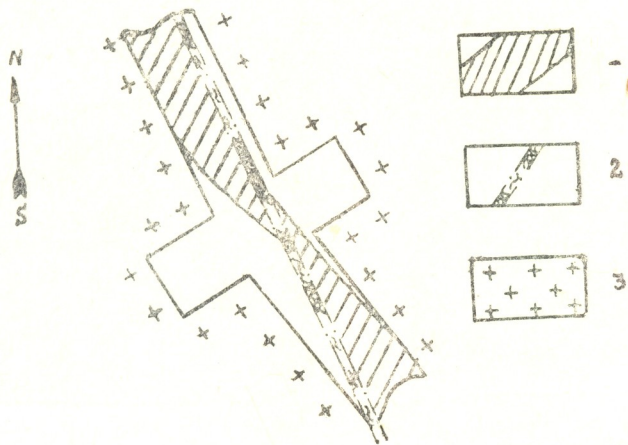
განედური მიმართულების მადნეულ სხეულში, რომელიც დაახლოებით მართობულია შიდამინერალიზაციური ძვრის მიმართულებისა, აღინიშნება თავისებური ტექსტურები, რომელთა წარმოქმნა დაკავშირებულია მადნის მეტამორფიზმთან.

მეტამორფიზებულ მადნებში გალენიტის ნაწილი და სფალერიტი კვარც-კარბონატულ-სულფიდური ძარღვების ზალბანდების პარალელურად წარმოქმნიან ძარღვისებრ, ზოლებრივ გამონაყოფებს. გარდა ძარღვაკისებრი გამონაყოფებისა, გალენიტი იმავე მადნებში გვხვდება აგრეთვე ბუდეებისა და ჩანაწინწკლების სახით (სურ. 4). გალენიტის ძარღვისებრ გამონაყოფს წვრილმარცვლოვანი აგებულება და მჭრქალი ელვარება ახასიათებს.

წვრილმარცვლოვანი გალენიტი სტრუქტურული ამოქმითი გრანობლასტურ სტრუქტურას ამჟღავნებს—გალენიტის ცალკეული მცირე ზომის მარცვლები



წაგრძელებულია სფალერიტის და გალენიტის ძარღვაკისებრი გამონაყოფების პარალელურად. გალენიტის ჩანაწინწყლებისა და ბუდეების ზედაპირის სტრუქტურული ამოჭმა გვიჩვენებს, რომ გალენიტი აქ შედგება მსხვილი მარცვლე-



სურ. 3. მადნეული ძარღვის შიდამინერალიზაციური ნაპრალით გაკვეთა. შტოლნის ჭერის ჩანახატი. მასშტაბი 1:200

პირობითი ნიშნები:

- 1—მადნეული ძარღვი, 2—შიდამინერალიზაციური ნაპრალი, შევსებული თიხით და მადნით, 3—გრანიტები

ბისაგან, მეტამორფიზმის ყოველგვარი ნიშნების გარეშე. სფალერიტის ძარღვაკისებრი გამონაყოფების სტრუქტურული ამოჭმა მის წვრილმარცვლოვან აგებულებას აჩვენებს.



სურ. 4. გალენიტი (თეთრი) და სფალერიტი (მუქი-ნაცრისფერი) ძარღვის კარბონატში (ღია ნაცრისფერი) ძარღვისებრი გალენიტი სურათის ქვედა ნაწილში წარმოდგენილია მკვრივი წვრილმარცვლოვანი სახესხვაობით, რომელიც სტრუქტურული ამოჭმით (HCl — 1:1) გრანობლასტურ სტრუქტურას აჩვენებს. გალენიტი სურათის ცენტრალურ და ზემო ნაწილებში წარმოდგენილია მსხვილკრისტალური სახესხვაობით და ამოჭმით მსხვილმარცვლოვან აგებულებას აჩვენებს. სფალერიტი წვრილმარცვლოვანია (ნატურალური სიდიდის 0,5)

კოლჩედანური მადნების შესწავლისას ტ. შაღლუნმა [5] ექსპერიმენტულად აჩვენა, რომ ცალმხრივი წნევის პირობებში ადგილი აქვს დაბალი სიმკვრივის მინერალების არა მარტო პლასტიკურ დეფორმაციას და გადაკრისტალებას მყარ მდგომარეობაში, არამედ მათ დენადობასაც. ამ დროს დაბალი სიმკვრივის მქონე მინერალებში წარმოიქმნება წნევის მიმართულების მართობულად ორიენტირებული წვრილი წაგრძელებული მარცვლები.

მაშასადამე, ჩვენს შემთხვევაში სწორედ ჩრდილო-დასავლეთ-სამხრეთ-აღმოსავლეთური მიმართულების ტექტონიკური მოძრაობითაა გამოწვეული მადნის მეტამორფიზმი. თუ მივიღებთ მხედველობაში იმ გარემოებას, რომ



გალენიტის მხოლოდ ერთმა ნაწილმა განიცადა მეტამორფიზმი, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მეტამორფიზმის გამომწვევი ტექტონიკური ძერა შიდა-მინერალიზაციური იყო — ზემოთ აღწერილის ანალოგიური.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ამთხელის მადნეული სხეულების ფორმირების პროცესი შემდეგნაირად შეიძლება წარმოვიდგინოთ: მადნების ფორმირების დაწყების წინ ბათური ასაკის კელასურის ინტრუზიული მასივი უკვე საბოლოოდ ჩამოყალიბებული იყო. მასივის ფორმა, პეტროგრაფიული შედგენილობა, ქანების სტრუქტურა და სხვა გეოლოგიური მონაცემები მიგვიითებენ ინტრუზივის ფორმირებაზე დანალექი ქანების მძლავრი საფარის ქვეშ.

მადნეული სხეულების წარმოქმნა კი, რიგი ნიშნების მიხედვით (მინერალთა პარაგენეზისი მადნებში, მადნეული სხეულების მორფოლოგია და აგებულება, მადნების ტექსტურები და სხვა), საშუალო ან მცირე სიღრმეებზე ხდებოდა. აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ კელასურის გრანიტოიდების გაცილებით უფრო ადრინდელი (გეოლოგიურად) წარმოქმნა ამთხელის მადნების ფორმირებასთან შედარებით. მათი გამთიშავი დროის მონაკვეთში, როგორც ჩანს, ხდებოდა მასივზე განლაგებული დანალექი საფარის ინტენსიური გადარეცხვა. ამიტომ, ავტორის აზრით, გამადნება გენეტიურად დაკავშირებული უნდა იყოს მესამეული ასაკის მაგმურ აქტივობასთან.

მადანწარმოქმნის პროცესს წინ უსწრებდა გამადნებისწინა ტექტონიკური ძვრები, რომლებმაც გამოიწვიეს გრანიტოიდებში არსებული ნაპრალების გაფართოება, ახალი ნაპრალების წარმოქმნა, შემცველი ქანების ბრექჩირება, რასაც უშუალოდ თან სდევდა სფალერიტის გამოყოფა. მადნის ფორმირების საწყის ეტაპებზე ტექტონიკური ძვრები მრავალჯგის მეორედბოძ, რაზედაც მიგვითითებს კოკარდული ტექსტურების არსებობა.

ნაპრალების გაფართოება, როგორც ჩანს, არათანაბრად მიმდინარეობდა. ნაპრალოთა გაფართოების ხარისხი გამადნების პროცესის მთელ მანძილზე ყველა მადნეულ გამოსავალზე და კერძო შემთხვევებში კი ერთსა და იმავე მადნეული სხეულების ფარგლებში თანაბარი არ იყო. ამასთან დაკავშირებით იცვლებოდა ის პირობები, რომლებშიც ხდებოდა მადნის გამოყოფა ჰიდროთერმული ხსნარიდან.

იმ უბნებში, სადაც ნაპრალების გაფართოება უფრო სწრაფი იყო, ვიდრე მათი შეესება ხსნარიდან გამოყოფილი მინერალებით. მადნის ფორმირება ხდებოდა უმთავრესად ნაპრალის თანმიმდევრული ამოვსებით. მადნეული სხეულები ასეთ უბნებში მკვეთრად გამოხატული ზალბანდებით და გვერდითი ქანების სუსტი შეცვლით ხასიათდება.

იმ უბნებში, სადაც ნაპრალოთა გაფართოება უფრო ნელა ხდებოდა, ვიდრე მათი ამოვსება, არსებობდა მნიშვნელობა ენიჭებოდა მეტასომატურ პროცესებს. ჰიდროთერმული ხსნარები ავსებდნენ ნაპრალოთა სიციარიელებს, ნაწილობრივ კი იყონებოდნენ გვერდით ქანებში და იწვევდნენ ნაპრალებს შორის განლაგებული გრანიტოიდების შეცვლას. გვერდითი ქანების ინტენსიური შეცვლით და მათი ნაწილობრივი ჩანაცვლებით არის გაპირობებული მინერალიზებული ზონების წარმოქმნა, რომლებიც გვერდით ქანებთან დაკავშირებული არიან თანდათანობითი გადასვლებით.

იმ უბნებში, სადაც აღინიშნება მადნეული ძარღვის გადასვლა მინერალიზებულ ზონაში, ნაპრალების გაფართოების და მათი შეესების ხარისხი დახლოებით ტოლფასი უნდა ყოფილიყო, რაც ხელს უწყობდა ამ უბნებში კოკარდული ტექსტურის მქონე ჯანდებს წარმოქმნას.



მინერალიზაციის პირველი სტადიის დასასრულს ტექტონიკური მოძრაობები და მათ მიერ გამოწვეული ნაპრალების წარმოქმნა და გაფართოება, როგორც ჩანს, შესუსტდა, რადგან ამ სტადიის გვიანდელი მინერალები ძარღვაკების სახით არსად არ აღინიშნება.

მინერალიზაციის პირველი სტადიის ბოლოს ნაპრალები უკვე შეესებულა იყო მადნეული და ძარღვის მინერალებით. ჰიდროთერმული ხსნარი ამ დროს ცირკულაციას განიცდიდა ფორებში და ჩაწინწკლული ტექსტურის მადნებს წარმოქმნიდა, როგორც ძარღველ მასაში, ისე მადნეულ ძარღვებთან მოსაზღვრე გრანიტოიდებში.

პირველი სტადიის მინერალების საბოლოო ჩამოყალიბების შემდეგ აღინიშნება ტექტონიკური ძვრების განახლება, რომელთა მიმართულება დაახლოებით პარალელური იყო გამადნებისწინა ტექტონიკური მოძრაობებისა, რომლებმაც წარმოქმნეს ჩრდილო-დასავლეთ-სამხრეთ-აღმოსავლური მიმართულების ნაპრალები. ზოგ შემთხვევაში ეს ძვრები იწვევდნენ ჩრდილო-დასავლური მიმართულების მადნეული სხეულების გაწყვეტას. განედური მიმართულების მადნეულ სხეულში ამ ძვრამ გამოიწვია პირველ სტადიაში გამოყოფილი მინერალების ინტენსიური მეტამორფიზმი.

ამ ტექტონიკური ძვრის შემდეგ, რომელიც თავისი ხასიათით შიდა-მინერალიზაციური იყო, აღინიშნება მეორე სტადიის მინერალების-გალენიტისა და კალციტის გამოყოფა.

იმ უბნებში, სადაც ამ შიდამინერალიზაციურმა ძვრებმა წარმოქმნეს ნაპრალები, აღინიშნება კალციტის ძარღვები, გალენიტის გამონაყოფებით ზაღბანდებში. სხვა უბნებში გალენიტი და ზოგან კალციტი ჩანაწინწკლების სახით გვხვდება. კალციტის გამოყოფით მთავრდება მინერალიზაციის ენდოგენური პროცესი.

### დასკვნები

1. ამთხელის ტყვია-თუთიის მადნეული ველის მადნეული სხეულები წარმოქმნის მიხედვით ჰიდროთერმულ-მეტასომატურ ტიპს მიეკუთვნება.

2. მადნის ფორმირება ხდებოდა საშუალო ან მცირე სიღრმეებზე, ტექტონიკურად არამშვიდ გარემოში.

3. მადნის ფორმირება ერთმანეთისაგან შიდამინერალიზაციური ძვრით გათიშულ ორ სტადიაში მიმდინარეობდა. შიდამინერალიზაციური ძვრით არის გაპირობებული მადნის ნაწილობრივი მეტამორფიზმი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოლოგიური ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 2.3.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Г. Бетехтин. О процессах формирования руд в жильных гидротермальных месторождениях. Сб. „Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях“. АН СССР, 1955.
2. А. Г. Бетехтин, А. Д. Генкин и др. Текстуры и структуры руд. 1958.
3. ზ. ოთხმეხური. ამთხელის ტყვია-თუთიის მადნეული ველის მინერალიზაციისათვის საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მთაბე, ტ. XXI, № 3, 1958.
4. З. В. Отхмезури. К вопросу морфологии жильных тел Амтхельского свинцово-цинкового рудного поля. Юбилейный сборник трудов Геологического Института АН ГССР, посвященный 70-летию академика А. И. Джanelидзе, 1959.
5. Т. Н. Шадрин и Ю. А. Розанов. Влияние одностороннего давления на структуру колчеданной руды. Изв. АН СССР, сер. геол. № 2, 1949.



პატრონაჟია

მ. ჯავახიშვილი

## ჰარაჩავსკის რაიონის სერპენტინიტების ასაკის უმსახებ

(წარმოადგინა აკადემიოსმა გ. ძოწნიძემ 21.10.1958)

კავკასიონის მაგმური ქანების ასაკობრივი დანაწილების საკითხი ბევრი მკვლევარის ყურადღებას იპყრობს. მეზოზოურამდელი მაგმური წარმონაქმნების ასაკის განსაზღვრა და ამის საფუძველზე პალეოზოური და პალეოზოურისწინა ვულკანიზმის კანონზომიერებათა დადგენა კავკასიონის რთული ტექტონიკური აგებულების პირობებში იმითაც ძნელდება, რომ მაგმური სხეულებას შემცველ წყებათა სტრატოგრაფიას უმეტეს შემთხვევაში მეტად პირობითი ხასიათი აქვს.

ამჟამად, არგონული მეთოდის გამოყენებით, ცდილობენ კავკასიონის ზოგიერთი მაგმური ქანის ასაკის განსაზღვრას. ეს მეთოდი გამოიყენება მხოლოდ კალიუმის შემცველი მინერალების შემთხვევაში და ამიტომ გამოსადეგია მხოლოდ განსაზღვრული ჯგუფის ქანებისათვის.

პირველი შედეგები, რომელიც აღნიშნული მეთოდის გამოყენებამ მოგვცა [2, 3, 7], თუმცა წინასწარი ხასიათის არის და მოითხოვს შემდგომ დაზუსტებასა და შემოწმებას, მაინც იძლევა კავკასიონის გეოლოგიის ზოგიერთი იმ საკითხის კრიტიკული გადასინჯვის საფუძველს, რომლებიც წინათ ასე თუ ისე დადგენილად ითვლებოდა.

კავკასიონის მაგმურ ქანებს შორის ულტრაფუძე ქანებს თუმცა ისეთივე დიდი გავრცელება არა აქვთ, როგორც სხვა ჯგუფის ქანებს, მათ მაინც დიდი ყურადღება ექცევა და ზოგჯერ სხვა ქანების ასაკის განსაზღვრისას ერთგვარ კრიტერიუმდაც კი იყენებენ.

კავკასიონის გეოლოგიის თითქმის ყველა მკვლევარი შეეხო სერპენტინიტების ასაკის საკითხს, ხოლო ზოგიერთმა მათგანმა სპეციალურა გამოკვლევებიც მიუძღვნა ამ ულტრაფუძე წარმონაქმნებს. მიუხედავად ამისა, სერპენტინიტების ასაკი ჯერ კიდევ არ შეიძლება დადგენილად ჩაითვალოს. თუმცა ჩრდილო კავკასიაში უკვე დიდი ხანია ცნობილია სერპენტინიტებს მიერ კარბონული ქანების გაკვეთის ფაქტები, მაგრამ ზოგიერთი მკვლევარი ცდილობს ამ ფაქტებს სხვაგვარი ახსნა მისცეს.

ჯერ კიდევ 1929 წელს გ. აგალიძმა [1] აღნიშნა სერპენტინიტული სხეული ხუდესის ზედაკარბონულ კონგლომერატებში, რის გამო ფიქრობდნენ, რომ უფრო ძველი სერპენტინიტების გარდა კავკასიონზე გვქონდა ზედაპალეოზოური სერპენტინიტებიც. უფრო გვიან აღნიშნეს [6], რომ ხუდესის რაიონში ეს სერპენტინიტები რთულ ტექტონიკურ კონტაქტშია შემცველ ქანებთან.

უკანასკნელ დრომდე გეოლოგიურ ლიტერატურაში არსებითად დარჩენილი იყო მხოლოდ ქვემო ტებერდის სერპენტინიტების მიერ ყარაჩაის წყების (ქვედა კარბონი) გაკვეთის ფაქტი, რომელიც აღიარებული იყო ყველა წინათ აქ მომუშავე გეოლოგის მიერ. მაგრამ გ. აფანასიევის აზრით [3], აქაც სერპენტინიტები ტექტონიკურ შეხებაშია აღნიშნული წყების ქანებთან.



ყარაჩაევსკის რაიონში მეზოზოურამდელი წარმონაქმნები სამ გეოტექნიკურ ზონაშია გაშიშვლებული. ესენია—მთავარი ქედის ზონა, წარმოდგენილი ძირითადად გრანიტოიდებით და ძლიერ მეტამორფული კრისტალური ფიქლებით; პალეოზოოური წყებების გავრცელების ზონა (შუალედი ზონა), აგებული ქვედაპალეოზოური, დევონური და ქვედაკარბონული წარმონაქმნებით, და წინა ქედის ზონა, წარმოდგენილი ქვედაპალეოზოური მეტამორფული ფიქლებით და ამათთან დაკავშირებული მაგმური სხეულებით.

ორ უკანასკნელ ზონაში მონაწილეობენ შუა და ზედაკარბონული და აგრეთვე ქვედაპერმული უხეშმარცვლოვანი დანალექი წყებები. აღნიშნული ზონები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან, როგორც სტრატოგრაფიულად და ტექტონიკურად, ისევე მაგმური წარმონაქმნების ხასიათით. საერთო ამ ზონებისათვის არის დიზუნქტიური ტექტონიკის ხასიათი და მცირე სიდიდის სერპენტინიტული სხეულების არსებობა.

ყარაჩაევსკის რაიონის სერპენტინიტების შესწავლისას ყურადღებას იქცევს ის ფაქტი, რომ სერპენტინიტები კვეთენ ძლიერ დისლოცირებულ პალეოზოურ წყებებს, მაგრამ თვითონ დანაოჭებაში თითქმის არ მონაწილეობენ, თითქმის ყოველთვის განლაგებულნი არიან რღვევის ზონებთან, უშუალოდ მათში, ან მათ მახლობლად.

ანალოგიური სურათი ჩანს ჩრდილო კავკასიის სხვა რაიონებშიც; ამიტომ ვფიქრობთ, რომ მართალი უნდა იყოს ნ. სობოლევ ი [6], რომელიც ულტრაფუქე მაგმის შემოჭრას დიზუნქტიურ ტექტონიკას უკავშირებს.

რღვევის ხაზები ჩვენ მიერ შესწავლილ რაიონში უმეტეს შემთხვევაში გაჩენილია დანაოჭების ბოლო ეტაპზე, მაშინ, როდესაც ამ მხარემ დაკარგა ლაბილობა და საკმაოდ გამაგრდა. ეს კი მოხდა ქვედა კარბონის დასასრულს. ამიტომ ჩვენ ვფიქრობდით, რომ ჩრდილო კავკასიაში ულტრაფუქე მაგმის აქტივობას ქვედა კარბონულის შემდეგაც უნდა ჰქონოდა ადგილი. მაგრამ სოფელ ჩვემო ტებერდასთან სერპენტინიტებით ქვედა კარბონული ნალექების გაცვეთის დღემდე ცნობილი ერთადერთი შემთხვევა ერთგვარი გამონაკლისივით გამოიყურებოდა.

1954 წლის ზაფხულში მდინარე დაუთის ხეობაში (ყუბანის მარცხენა შენაკადი) შევისწავლეთ გასერპენტინიტებული მცირე სხეული, რომელიც ყარაჩაის წყების ქვიშაქვებში იყო შეჭრილი.

1955 წლის ზაფხულში მდინარეების ჩუჩხურისა და კონუშკოლის წყალგამყოფი (მდ. ხუდესის სათავეებზე) შეგვხვდა ზედა კარბონულ კონგლომერატებში შეჭრილი ორი პატარა სერპენტინიტული მასივი. ერთი ამ მასივთანაა აღნიშნულია რ. პეტროვის შრომაში [5]. სადაც ავტორი აღწერს სერპენტინიტების გავლენით კონგლომერატებში კვარცის ქვარგვალეების გატალკებს შემთხვევას.

გეოლოგიური სურათი აქ ასეთია: მდ. ჩუჩხურის ხეობაში და ზევით წყალგამყოფამდე გაშიშვლებულია ყარაჩაის სერიის თიხაფიქლები, რომლებიც აქ ერთ ანტიკლინურ ნაოჭს ქმნიან. ანტიკლინის ღერძს დაახლოებით განედური მიმართულება აქვს; ფრთები დაქანებულია 55—60° კუთხით. ჩრდილოეთით წყალგამყოფის რაიონში თიხაფიქლებს ტექტონიკურად ეხება ზედაკარბონული კონგლომერატების და ქვიშაქვების წყება.

გადასასვლელიდან, რომელიც ამ მდინარეთა შორის წყალგამყოფზეა, სამასობდე მეტრზე დასავლეთით, ყარაჩაის სერიის ფიქლებისა და ზედაკარბონული კონგლომერატების შეხების ზონაში გაშიშვლებულია განედურად წაგრ-



ძილებული სერპენტინიტული სხეული. ამ სხეულის სიგრძე დაახლოებით 0,5 კმ-ია. სიგანე კი 200—250 მეტრი.

სერპენტინიტები დაფიქლებულია; დაფიქლების სიბრტყეებს განედური მიმართულება აქვთ, ხოლო მათი დაქანების კუთხეები ძლიერ ცვალებადია. აღნიშნულ სერპენტინიტულ სხეულს სამხრეთიდან ქვედაკარბონული ფიქლები საზღვრავს, დანარჩენი სამი მხრიდან კი ის კონტაქტშია სამხრეთისაკენ 40—45° კუთხით დაქანებულ ზედაკარბონულ კონგლომერატებთან. თვით სერპენტინიტებში გვხვდება კონგლომერატების საკმაოდ დიდი ქსენოლითები. აქ სერპენტინიტების მიერ კონგლომერატების გაკვეთა ეჭვს არ იწვევს.

აღნიშნული სერპენტინიტებიდან დასავლეთით 0,5 კმ გაშიშვლებულია მცირე სიდიდის მეორე სერპენტინიტული მასივი. ამ მასივსაც განედური წაგრძელება აქვს, სიგრძით 800 მეტრს აღწევს, სიგანე კი დაახლოებით 400 მ აქვს. სამხრეთიდან მასივს ყარაჩაის სერიის ფიქლები ესაზღვრება, ხოლო დანარჩენი სამი მხრიდან კონტაქტშია ზედაკარბონულ კონგლომერატებთან. ამ სერპენტინიტებშიაც კონგლომერატები გვხვდება ქსენოლითების სახით. ამრიგად, სერპენტინიტების მიერ კონგლომერატების გაკვეთა აქაც გარკვევით ჩანს.

კონგლომერატების წყების ზედაკარბონული ასაკი ეჭვს არ იწვევს, რადგან ის ანალოგიურია ჩრდილოეთ კავკასიის სხვა რაიონების ზედაკარბონული ნალექებისა და ამასთან კიდევ დასავლეთით ამ წყებას სრული თანდათანობით მისდევს ქვიდაპირბული წითელი ფერის კონგლომერატებისა და ქვიშაქვების წყება.

ამრიგად, სერპენტინიტების მიერ ზედაკარბონული ნალექების გაკვეთა მდინარეების ჩუჩხურისა და კონუშკოლის წყალგამყოფზე შეიძლება დადგინდეს ფაქტად ჩაეთვალოთ.

ჩვენი რაიონის სერპენტინიტების ასაკის დასადგენად ამჟამად ხელთა გვაქვს ასეთი ფაქტები: სერპენტინიტები კვეთენ დევონურ და კარბონულ წყებებს, ხოლო ზემო ტებერდის რაიონში ტრანსგრესიულად იფარებიან პერმული ნალექებით. გვაქვს სხვა ფაქტებიც. სერპენტინიტები კვეთენ ქვედაპალეოზოურ ფიქლებს ყუბანისა და ხუდესის ხეობებში და ზედასილურულ ნალექებს მალკასა და მუშოლას ხეობებში.

მეორე მხრივ, ჩვენს რაიონში, ისევე, როგორც ჩრდილო კავკასიის სხვა რაიონებშიც, სერპენტინიტის ქსენოლითები გვხვდება კავკასიონის გრანიტებში, ხოლო მდ. კიაფარის ხეობაში სერპენტინიტებს ტრანსგრესიულად ადევს შუა-კარბონული წყება, რომლის ფუძეში სერპენტინიტის ნაგორები ქვებიც გვხვდება. გრანიტებისა და სერპენტინიტების დამოკიდებულება არსებითად ერთადერთი ნიშანი იყო, რომლის მიხედვით კავკასიონის სერპენტინიტებს კამბრიულის წინა ასაკს მიაწერდნენ. ამჟამად, როცა აღნიშნული გრანიტების ასაკი არგონული მეთოდის მონაცემების მიხედვით შუა-კარბონულად ითვლება, ეს კრიტერიუმში კარგავს თავის ძველ მნიშვნელობას.

სერპენტინიტების ქსენოლითები გრანიტებში გვიჩვენებენ, რომ კავკასიონზე არსებობენ შუა-კარბონულზე უფრო ძველი სერპენტინიტები, რაც დასტურდება მდ. კიაფარის აუზში შუა-კარბონული ნალექებისა და სერპენტინიტების ურთიერთობითაც.

ამასთან ცნობილია სერპენტინიტებით გრანიტებს გაკვეთის ფაქტებიც. მდ. დიდი ლაბას ხეობაში ჩვენ ვნახეთ სერპენტინიტები, რომლებიც კვეთენ გრანიტებს და მის გამკვეთ კვარციანი ალბიტოფირის ძარღვს. ეს ფაქტიც განხილული უნდა იქნეს, როგორც სერპენტინიტებით შუა-კარბონული ასაკის



წარმონაქმნების გაკვეთა. რაც სრულ თანხმობაშია მდ. ხუდესის სათავეებში კარბონული ქანების სერპენტინიტებით გაკვეთასთან.

მხედველობაში უნდა მივიღოთ ისიც, რომ დიდი დიზუნქტიური აშლილობები, რომლებსაც სერპენტინიტები ხშირად უკავშირდება. ძირითადად ჩნდება დაწყებული ქვედა კარბონის დასასრულიდან და, მამასადამე, მათთან დაკავშირებული სერპენტინიტების ასაკი ხვდება შუალედში ქვედა კარბონულიდან პერმულამდე. როგორც ჩანს, სერპენტინიტების მომცემი ულტრაფუძე მაგმის შემოჭრა რამდენიმეჯერ მოხდა და ამიტომ შესაძლოა, რომ დროის ამ შუალედში გვიჩინდეს სერპენტინიტების რამდენიმე ასაკობრივი ჯგუფი. ჯერჯერობით სერპენტინიტების დამოკიდებულების მიხედვით კავკასიონის გრანიტოიდებთან და კარბონულ ნალექებთან შეიძლება გავარჩიოთ პალეოზოური სერპენტინიტების ორი ჯგუფი — შუაკარბონულამდელი და შუაკარბონულის შემდგომი.

ზემოთ აღწერილი ფაქტები საფუძველს იძლევა ვიფიქროთ, რომ ჩრდილო კავკასიაში ულტრაფუძე მაგმის აქტივობას ადგილი ჰქონდა არა მარტო ამ მხარის გეოსინკლიური განვითარების ადრეულ სტადიებში, არამედ მას შემდეგაც, რაც ამ მხარემ კონსოლიდაცია განიცადა. ამ დროს ოროგენეტულ ძალების მოქმედება იწყებდა დიდი რღვევების გაჩენას, რომლითაც ზევით ამოსვლისათვის სარგებლობდა ულტრაფუძე მაგმა.

ეს დასკვნა კარგად ეთანხმება ვ. ლოდოჩნიკოვის [4] შეხედულებას, რომლის მიხედვითაც სერპენტინიტები ნაოჭა მხარეების ტიპური წარმონაქმნებია და მათი გაჩენა ხდება დანაოჭების დროს ან ცოტა გვიან.

კამბრიულისწინა სერპენტინიტების არსებობა ჩრდილო კავკასიაში არ დასტურდება, რადგან, როგორც ზემოთ ვთქვით, გრანიტოიდები, რომლის მიხედვითაც თვლიდნენ მათ კამბრიულზე ძველად, ბევრად უფრო ახალგაზრდა აღმოჩნდა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 23.10.1958)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. П. Агалин. Краткий геологический очерк центральной части Большого Кавказа. Известия Геологического комитета, т. 48, № 4, 1929.
2. Г. Д. Афанасьев. Магматические комплексы и геологическое картирование. Известия АН СССР, серия геологическая, № 5, 1953.
3. Г. Д. Афанасьев. Проблема возраста магматических пород Северного Кавказа. Известия АН СССР, серия геологическая, № 4, 1954.
4. В. Н. Лодочников. Серпентиниты и серпентины ильчинские и другие. Тр. ЦНИГРИ, вып. 38.
5. П. Р. Петров. Об одном случае замещения тальком кварцевой гальки в Центральном Кавказе. Сборник посвященный акад. К. С. Белянкину. АН СССР, 1946.
6. Н. Д. Соболев. Ультрабазиты Большого Кавказа. Госгеолиздат, 1952.
7. მ. რუბინშტიცი. საქართველოს ზოგიერთი მაგმური წარმონაქმნის აბსოლუტური ასაკის შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შრომებ, ტ. XVI, № 6, 1955.



ა. ჭანიშვილი

## ჰაერის ბუმბულების ჰიდრავლიკური სიმსხვილე მათი ურთიერთქმედების პირობებში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრივემა 16.9.1958)

ორფაზიან სითხეთა მოძრაობის ზოგიერთი საკითხის გადაწყვეტისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მინარევთა გეომეტრიულ და ჰიდრავლიკურ მახასიათებლებს. ერთერთი ასეთი მახასიათებელია ჰიდრავლიკური სიმსხვილე, რომელიც წარმოადგენს იზოლირებული ნაწილაკის უძრავ თხიერ გარემოში თანაბარი ვარდნის ან ატივტივების სიჩქარეს.

იზოლირებულ ნაწილაკთა ჰიდრავლიკური სიმსხვილე დამოკიდებულია მათ ზომებზე, ფორმებსა და სიმკვრივეზე, აგრეთვე გარემოს სიმკვრივესა და რეჟიმის და გარემოდენის პირობების განმსაზღვრელ სხვა ფიზიკურ თვისებებზე.

ყველაზე კარგად იგი შესწავლილია გარემოზე უფრო მძიმე მყარი ნაწილაკებისათვის.

წყალში ჰაერის ბუმბულების მოძრაობის პირობები ხასიათდება ზოგიერთ თავისებურებით, რომლებიც ჰიდრავლიკურ სიმსხვილეს ხდის დამოკიდებულს სასაზღვრო ზედაპირის ფიზიკური და ქიმიური თვისებებისაგან. დადასტურებულია, რომ ზედაპირულ-აქტიურ ნივთიერებათა ადსორბცია წყლის და ჰაერის გამყოფი ზედაპირით, ბუმბულების მცირე ზომების დროს ძლიერ მოქმედებს ატივტივების სიჩქარეზე. ბუმბულების ზომების ზრდასთან ერთად ეს მოქმედება სუსტდება [1]. ამის გარდა წნევის გავლენით ბუმბული განიცდის დეფორმაციას და მოძრაობის დროს არ ინარჩუნებს მუდმივ ფორმას.

ამ მიზეზების გამო ჰაერის ბუმბულების ჰიდრავლიკურ სიმსხვილესა და მათი თავდაპირველ ზომებს შორის დამოკიდებულებას სპეციფიკური ხასიათი აქვს. ცდების მონაცემების მიხედვით [1—4], იზოლირებულ ნაწილაკთა ატივტივების სიჩქარე იზრდება ბუმბულის დიამეტრის ზრდასთან ერთად 2—3 მმ-მდე, რის შემდეგ დიამეტრის ცვლის დიდ დიაპაზონში ინარჩუნებს მუდმივ მნიშვნელობას, ტოლს, სხვადასხვა ავტორის მიხედვით. 25—30 სმ/სეკ.

იზოლირებულ ნაწილაკსა და თხიერ გარემოს შორის ურთიერთქმედების თვალსაზრისით ნათელი სურათი საგრძნობლად რთულდება ნარევის დიდი კონცენტრაციის დროს, როდესაც სიჩქარის ველთა ინტერფერენციის გამო ნაწილაკები შედიან დინამიკურ ურთიერთქმედებაში.

ამ პირობებში ნაწილაკთა ჰიდრავლიკური სიმსხვილის ცნება რამოდენიმედ განუსაზღვრელი ხდება, რამდენადაც აბსოლუტური სიჩქარის მნიშვნელობა უკვე აღარ თანხვდება ნაწილაკთა და სითხეს შორის ფარდობით სიჩქარეს.

თუ მივიღებთ მხედველობაში იმას, რომ ჰიდრავლიკური სიმსხვილის ცნება მჭიდროდ არის დაკავშირებული შეტივტივების (შეწონის) მუშაობის განსაზღვრასთან, მიზანშეწონილად უნდა ჩავთვალოთ ამ ცნების აზრი დაქვემდებაროს შეტივტივების მუშაობის სწორი აღრიცხვის თვალსაზრისს.



ამ შემთხვევაში ჰიდრავლიკური სიმსხვილე შეზღუდულ პირობებში განსაზღვრება დამოკიდებულებით

$$\omega = v_{ws} - v_s \quad (1)$$

ან, თუ ვიქონიებით მხედველობაში, რომ

$$v_{ws} = m v_w + (1 - m) v_s,$$

მივიღებთ

$$\omega = m (v_w - v_s), \quad (2)$$

სადაც

$$v_{ws} = \frac{Q_w + Q_s}{\omega}$$

ნარევის დაყვანილი სიჩქარეა,  $v_w$  და  $v_s$  თხიერი ფაზისა და მინარეთა ვერტიკალური მოძრაობის სიჩქარეებია.

ეს გამოსახულება უზრუნველყოფს შეტივტივების მუშაობის სწორედ შეფასებას ფაზებს შორის სხლეტის როგორც არსებობის, ისე არარსებობის პირობებში.

ცდებით დადგენილია, რომ კონცენტრაციის მატება იწვევს მძიმე მინარეთა დალექვის სიჩქარის შემცირებას იზოლირებული ნაწილაკების ვარდნის  $\omega_0$  სიჩქარესთან შედარებით. მაგრამ ავტორთა უმრავლესობა არასწორად ხსნის ამ მოვლენის ფიზიკურ-მექანიკურ არსს და იძლევა ფარდობითი ჰიდრავლიკური

სიმსხვილის  $\alpha = \frac{\omega}{\omega_0}$  რაოდენობრივი ცვლილების არასაკმარისად სწორ შეფასებას [5—8].

შეზღუდულ პირობებში ჰიდრავლიკური სიმსხვილის განსაზღვრის ყველაზე სწორი სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს ფაზათა და ცალკეულ ნაწილაკათა შორის ურთიერთქმედების ნამდვილ პირობებთან მაქსიმალურ მიახლოებას, გამოყვანილი იყო ლიაშჩენკოს [5], ხოლო შემდეგ მინცისა და შუბერტის [9] მიერ.

ამ სქემის მიხედვით ჰიდრავლიკური სიმსხვილე განისაზღვრება აღმავალი ნაკადით შეტივტივებულ მარცვლოვანი შრის დინამიკური წონასწორობის დროს, როგორც თხიერი ფაზის დაყვანილი სიჩქარე (რომელიც შეესაბამება მარცვლოვან გისოსში ფილტრაციის სიჩქარეს).

ეს მეთოდიკა საშუალებას იძლევა მოვიპოვოთ სანდო ექსპერიმენტული მონაცემები ნაწილაკთა გეომეტრიული ზომებისა და კონცენტრაციის ცვლას დიდ დიაპაზონში.

ამ მეთოდის მოდიფიკაციამ საშუალება მოგვცა ექსპერიმენტულად დაგვედგინა ჰაერის ბუშტულების ამოტივტივების სიჩქარისა და ფარდობითი ჰიდრავლიკური სიმსხვილის ცვალებადობა აერაციის ხარისხთან დამოკიდებულებით.

ამ მიზნით გამოვიყენეთ<sup>(1)</sup> ლაბორატორიულ პირობებში ექსპერიმენტების ჩატარებისას შემჩნეული აერირებული ნაკადების ზოგიერთი თვისება, რაც სპეციფიკური ხასიათის მეთოდიკურ და ტექნიკურ სიძნელეთა გადალახვის საშუალებას იძლევა.

<sup>(1)</sup> ვინტერის სახ. თბილისის ნაგებობათა და ჰიდროენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში.



ეს თვისებები იმაში მდგომარეობს, რომ შესაბამისი პირობების შესრულების შემთხვევაში დაძირულ გამოსავალხვრეტიან ვერტიკალურ მილში მყარდება აერირებული ნაკადის თანაბარი მოძრაობა ნაკადში ბუმტულების თანაბარი (ამ სიტყვის სტატისტიკური აზრით) განაწილებით (ფიგ. 1). ბუმტულების ზომები იცვლება 5—7 მმ ზღვრებში და 1-დან 15 მ/სეკ დიაპაზონში თითქმის არ არის დამოკიდებული ვარდნილი ჭავლის სიჩქარისაგან.



ფიგ. 1. დაღმავალი აერირებული ნაკადის სტრუქტურა თანაბარი მოძრაობის დროს

ამგვარად, განსახილველ პირობებში იზოლირებული ბუმტულების ჰიდრაულიკური სიმსხვილე შეიძლება მუდმივად ჩაითვალოს, ხოლო წყალ-ჰაერის ნარევი — ჰიდრაულიკურად ერთგვაროვნად.

ექსპერიმენტული დანადგარი ჰიდრაულიკური სიმსხვილის განსასაზღვრავად წარმოადგენდა (ფიგ. 2) გამჭვირვალე ვერტიკალურ მილს (3), დიამეტრით 10 სმ და სიმაღლით 3 მ. ღარის (1) შემწეობით მილში ვარდებოდა წყლის ნაკადი, რომლის აერირება ხდებოდა საჰაერო მილის (2) შემწეობით.

წყალი მის მიერ წატაცებულ ბუმტულებთან ერთად მოძრაობდა მილში ზევიდან ქვევით და გადადიოდა ჰაერდამჭერში (6), სადაც ხდებოდა დეზაერაცია. გამოყოფილი ჰაერი გადიოდა წნევაზე გრადუირებულ შტეილში (5). რომელიც იძლეოდა ხარჯის განსაზღვრის საშუალებას. მილში დონისა და მასთან



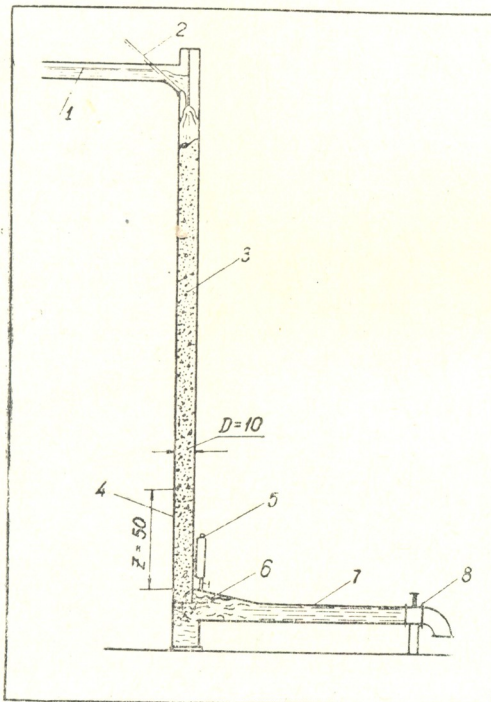
დამოკიდებულებით ნაკადის ჰაერით გაჯერების ხარისხის რეგულირება ხდება საკეტის (8) შემწვობით.

ცდები მდგომარეობდა  $Z = 50$  სმ უბანზე წნევის ვარდნისა და ჰაერის ხარჯის გაზომვაში დაღმავალი აერირებული ნაკადის თანაბარი მოძრაობის პირობებში წყლის მოცემული ხარჯის დროს.

ბუშტულების დინამიკური წონასწორობის რეჟიმის დროს ჰაერის ხარჯი  $Q_a = 0$  და ჰიდრავლიკური სიმსხვილე ისაზღვრებოდა როგორც საშუალო დაყვანილი სიჩქარე

$$w = v_w = \frac{Q_w}{\omega}$$

აერაციის მოცულობითი კოეფიციენტის განსასაზღვრავად გამოყენებულ იყო შეტივტივებულ მარცვლოვან შრეებზე ჩატარებული ცდებით კარგად და-



ფიგ. 2. ურთიერთქმედების პირობებში ბუშტულების ჰიდრავლიკური სიმსხვილის შესასწავლი ექსპერიმენტული დანადგარის სქემა: 1—მომყვანი ღარი; 2—სააერაციო მილი; 3—ვერტიკალური მილი  $D=10$  სმ.; 7—მუშა უბანი; 5—გამზომი შტვილი; 6—ჰაერშემკრები; 7—ჰორიზონტული უბანი; 8—მარეგულირებელი საკეტი

დასტურებული [9] განსაზღვრა, რომლის მიხედვით წნევის ვარდნა  $Z$  სიმაღლის უბანზე ტოლია მინარევთა ერთეულ განიკვეთიანი სვეტის წონისა წყალში. ამ შემთხვევაში გვექნება

$$A = 1 - m = \frac{H_{wa}}{Z}$$

სადაც  $H_{wa}$  ვარდნა, გაზომილი წყლის სვეტის სიმაღლით.

ეს მეთოდის გამოყენებულ იქნა იმ შემთხვევაშიც, როცა  $Q_a \neq 0$ , ამასთან დამატებით ისაზღვრებოდა ნარევის ხარჯი და სიჩქარე.

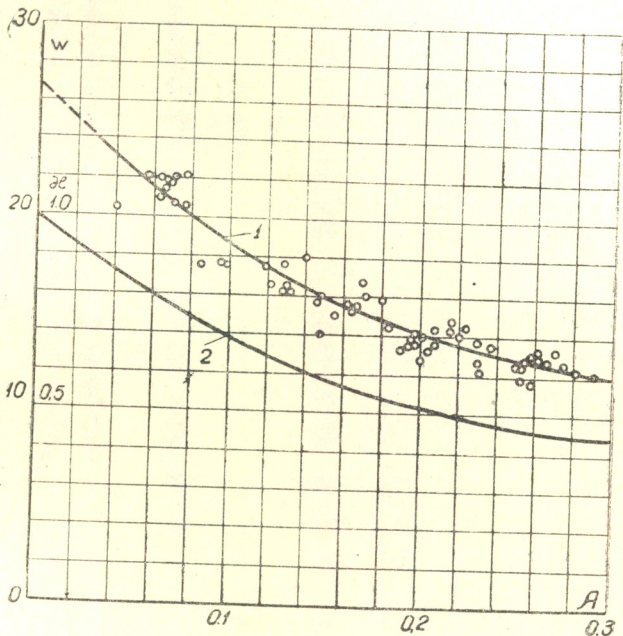
$$Q_{wa} = Q_w + Q_a$$

და

$$v_{wa} = \frac{Q_{wa}}{A}$$

აგრეთვე ჰაერის ბუმტულების სიჩქარე  $v_a = \frac{Q_a}{A_w}$ , რის შეიდეგ ჰიდრაულიკური სიმსხვილე გამოითვლებოდა (1) ან (2) ფორმულის შემწეობით.

ცდები ტარდებოდა მოდელზე წყლის ხარჯის 1-დან 2,85 ლიტ/სეკ, ჰაერის ხარჯის 0-დან 650 სმ<sup>3</sup>/სეკ და აერაციის კოეფიციენტის 0,05-დან 0,30 ცვალებადობის დიაპაზონში.



ფიგ. 3. ექსპერიმენტული მრუდები: 1— $w = \varphi(A)$  ( $w$  მოცემულია სმ/სეკ-ად)

$$2 - z = \frac{w}{w_0} = f(A)$$

ცდების შედეგები (ფიგ. 3) გვიჩვენებს, რომ მცირე კონცენტრაციის დროს ჰიდრაულიკური სიმსხვილე ისწრაფვის 27 სმ/სეკ-ის რიგის სიდიდისაკენ, რაც კარგად ეთანხმება სხვა გამოკვლევათა მონაცემებს.

აერაციის კოეფიციენტის ცვალებადობის ცდებით შემოფარგლულ ზღვრებში ჰიდრაულიკური სიმსხვილე მცირდება მეტად, ვიდრე ორჯერ, და  $A=0,30$ -ის დროს აღწევს სიდიდეს  $w \approx 12$  სმ/სეკ.

ჰიდრაულიკური სიმსხვილის ასეთი შემცირების მიზეზს, როგორც იყო აღნიშნული, წარმოადგენს ბუმტულთა შორის დინამიკური ურთიერთქმედება,



გამოწვეული სიჩქარის ველთა ინტეგრირებით და გარშემოდინების კოეფიციენტის ცვალებადობით.

იმავე ფიგ. 3-ზე დატანილია ცდისეური მრუდი, რომელიც განსაზღვრავს კავშირს ფარდობით ჰიდრავლიკურ სიმსხვილეს  $\alpha = \frac{w}{w_0}$  და აერაციის კოეფიციენტს შორის. თუ მივიღებთ  $w_0 = 27$  სმ/სეკ., მრუდს დამაკმაყოფილებლად აღწერს განტოლება

$$\alpha = 6,17 A^2 - 3,72 A + 1.$$

ჰიდრავლიკური სიმსხვილის ცდებით დადგენილი შემცირება აერაციის ხარისხის ზრდასთან ერთად იძლევა ორფაზიან სითხეთა მოძრაობის დროს შემწეულ მოვლენათა რიგის და მათ შორის ნაჯერობის განსაზღვრულ ხარისხამდე ნაკადის ტრანსპორტირების უნარის ზრდის ახსნის საშუალებას.

ჩატარებული ცდების მნიშვნელოვან შედეგს წარმოადგენს აგრეთვე ზემოაღნიშნული ნაკადის მიერ ატმოსფეროდან წაბაცებული ბუშტულების ზომების ჭკალის სიჩქარისაგან დამოუკიდებლობა. აქედან გამომდინარეობს, რომ მოვლენათა მსგავსების გრავიტაციული პრინციპებით მოდელირებისას მუშა სითხის ფიზიკური თვისებების ან გარემოს წნევის დაუმახინჯებლად წარმოქმნილი ჰაერის ბუშტულების ზომაები იმავე რიგის იქნება, რაც ნატურაში. ამგვარად, არ იქნება შესრულებული იმ მოვლენათა მსგავსება, რომლებიც დაკავშირებული არიან ჰიდრავლიკურ სიმსხვილესთან.

ამ პირობებში აერაციასთან დაკავშირებული პრაქტიკული საკითხების მოდელელებზე შესასწავლად გრავიტაციული მოდელირების წესებთან შეხამებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფრაგმენტული მოდელირების წესი, რომელიც ინდგომარეობს მოდელზე მოვლენათა განსაზღვრული ჯგუფის უზრუნველყოფ ბირობათა შექმნაში, სხვა მოვლენათა დამახინჯების ხარჯზე.

ნაგებობათა და ჰიდროენერგეტიკის  
თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 16.9.1958)

დაპოვნებად ლიტერატურა

1. В. Г. Левич. Физико-химическая гидродинамика. Академии Наук СССР, М., 1952.
2. Т. Hasegawa. РЖ Механика, № 4, 1957.
3. В. К. Козлов и М. А. Мологин. Известия Академии Наук СССР, № 8 1951.
4. Р. М. Ладьяженский. ЖПХ, т. XXVII, № 1, 1950.
5. П. В. Лященко. Гравитационные методы обогащения. Гостоптехиздат, М.—Л., 1940.
6. А. В. Караушев. Гидравлика рек и волохранилищ. Речный транспорт. Ленинград, 1955.
7. А. М. Великанов. Динамика русловых потоков, т. II. Гос. изд. техн. теорет. литерат. М., 1955.
8. А. П. Палчевский. Гидротехн. стр-во, № 2, 1953.
9. Д. М. Минц и С. А. Шуберт. Гидравлика зернистых материалов. Изд. Мин. Кому. хоз-ва РСФСР, М., 1955.



ტექნიკა

ბ. ცეცვაძე, ბ. ჩიკოიძე და თ. ბაჩიჩილაძე

სიტყვათწარმოქმნის მათემატიკური თეორიის გამოყენება ქართული ენისათვის

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ო. თნიაშვილმა 19.8.1958)

ფუქსის განაწილება

მარცვლებისაგან სიტყვების წარმოქმნის პროცესი და მარცვლების წარმოქმნა ცალკეული ბგერებისაგან შეიძლება აღწერილ იქნეს მათემატიკურად. ამ პროცესს აღწერს სტატისტიკური განაწილების ფუნქცია, რომელიც გამოყვანილი იყო ვ. ფუქსის [1] მიერ. გარდა აღნიშნული პრობლემებისა, ეს განაწილება შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვა ლინგვისტური პრობლემების გადასაწყვეტად.

ფუქსის განაწილების არსი შეიძლება აღწერილ იქნეს შემდეგი მოდელის საშუალებით. წარმოვიდგინოთ სტატისტიკური განმანაწილებელი, რომელიც შედგება სამი ნაწილისაგან: შესავალი უჯრედები, თვითონ სტატისტიკური განმანაწილებელი და გამოსავალი უჯრედები.

შესავალ უჯრედებში მოთავსებულია გარკვეული რაოდენობა ბირთვებისა, რომელთა განაწილებაც ხდება სტატისტიკური განმანაწილებლის საშუალებით. ექსპერიმენტის ბოლოს გამოსავალ უჯრედებში ვღებულობთ ბირთვების გარკვეულ განაწილებას: 1-ლ უჯრედში  $n_1$  რაოდენობას ბირთვებისას, მე-2-ში —  $n_2$ -ს და ა. შ.

შესაბამის ალბათობათა განაწილებას იძლევა ფუნქცია

$$F(i) = e^{-\left(i - \sum_{k=1}^{\infty} \epsilon_k\right)} \sum_{\nu=0}^{\infty} (\epsilon_{\nu} - \epsilon_{\nu+1}) \frac{\left(i - \sum_{k=1}^{\infty} \epsilon_k\right)^{i-\nu}}{(i-\nu)!}, \quad (1)$$

სადაც  $i$  წარმოადგენს  $i$ -ს საშუალო მნიშვნელობას, ხოლო  $(\epsilon_{\nu} - \epsilon_{\nu+1})$  წარმოადგენს უჯრედთა იმ ნაწილს, რომელშიც ექსპერიმენტის დაწყებამდე მოთავსებული იყო  $\nu$  ბირთვი. (1)-ში შემავალი სიდიდეები აკმაყოფილებს პირობებს

$$\bar{i} \geq \sum_{k=1}^{\infty} \epsilon_k, \quad \epsilon_0 = 1, \quad \epsilon_{\nu} \geq \epsilon_{\nu+1}.$$

ფუქსის განაწილების შესაბამის მაწარმოებელ ფუნქციას აქვს სახე

$$G(i; x) = e^{-\left(i - \sum_{k=1}^{\infty} \epsilon_k\right)} (x-1) \sum_{\nu=0}^{\infty} (\epsilon_{\nu} - \epsilon_{\nu+1}) x^{\nu}, \quad (2)$$



ბოლო შესაბამისი მომენტების გამოსახულებანი ასეთი იქნება:

$$M_1 = \left( \frac{\partial G}{\partial x} \right)_{x=1} = \bar{i}, \quad (3_1)$$

$$M_2 = \left( \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \right)_{x=1} + \left( \frac{\partial G}{\partial x} \right)_{x=1} = \bar{i}^2 + \bar{i} - \left( \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k \right)^2 - 2 \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k + 2 \sum_{k=1}^{\infty} k \varepsilon_k, \quad (3_2)$$

$$M_3 = \left( \frac{\partial^3 G}{\partial x^3} \right)_{x=1} + 3 \left( \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \right)_{x=1} + \left( \frac{\partial G}{\partial x} \right)_{x=1} = \bar{i}^3 + 3\bar{i}^2 + \bar{i} + 2 \left( \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k \right)^3 + 3 \left( \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k \right)^2 - 2 \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k - 3\bar{i} \left( \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k \right)^2 - 6\bar{i} \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k + 3 \sum_{k=1}^{\infty} k^2 \varepsilon_k + \left[ 6 \left( \bar{i} - \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k \right) + 1 \right] \sum_{k=1}^{\infty} k \varepsilon_k, \quad \text{და ა. შ.} \quad (3_3)$$

[1] შრომაში მოყვანილია მარცვლებისაგან სიტყვების წარმოქმნისა და ბგერებისაგან მარცვალწარმოქმნის ალბათობების გამოთვლის შედეგები 9 ენისათვის: ინგლისურისა, გერმანულისა, ესპერანტოსი, არაბულისა, ბერძნულისა, იაპონურისა, ლათინურისა, თურქულისა და რუსულისათვის.

მარცვალთა განაწილება სიტყვების მიხედვით

სიტყვები შეიძლება შედგებოდეს ერთი, ორი და ა. შ. მარცვლებისაგან. (1) ფორმულის საშუალებით შეიძლება მიღებულ იქნეს ერთ სიტყვაზე მოსულ მარცვალთა რაოდენობის ალბათობათა განაწილება (მოკლედ—მარცვალთა განაწილება სიტყვების მიხედვით), მხოლოდ მხედველობაში მიღებულ უნდა იქნეს ის გარემოება, რომ ქართულ ენაში სიტყვები ერთი მარცვლისაგან მანც შედგება. ამ გარემოების გასათვალისწინებლად (1) ფორმულაში უნდა დაეუშვათ  $\varepsilon_1 = 1$ ,  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \dots = 0$ . ამ შემთხვევაში განაწილებას ექნება შემდეგი სახე:

$$F(i) = \frac{e^{-(\bar{i}-1)} (\bar{i}-1)^{i-1}}{(i-1)!}, \quad \text{სადაც } \bar{i} > 1 \quad (4)$$

სტატისტიკური ანალიზისათვის აღებული იყო შემდეგი ნაწარმოებები: ი. ქაეკავაძის „ოთარანთ ქვრივი“, ა. წერეთლის „ბაში-აჩუკი“, ჯ. ლონთაიძის „სახრჩობელას წინაშე“ და ლ. ქიაჩელის „გვადი ბივა“. ანალიზის

შედგები მოყვანილია 1 ცხრილში. ამავე ცხრილში მოყვანილია ავტორების მიხედვით გასაშუალოებული შედეგები

$$P(i) = \frac{1}{A} \sum_A P_i^{(A)}$$

ცხრილი 1

ნაწარმოები		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ოთარანთ ქერივი	$P_i$ (ო. ქ.)	0,2355	0,3354	0,2099	0,1465	0,0534	0,0160	0,0025	0,0007	0,0003
ბაში-აჩუკი . . .	$P_i$ (ბ. ა.)	0,2330	0,3013	0,2194	0,1519	0,0722	0,0160	0,0047	0,0012	0,0002
სახრჩობელას წინაშე . . . . .	$P_i$ (ს. წ.)	0,2688	0,2870	0,2284	0,1411	0,0565	0,0149	0,0027	0,0003	0,0003
გვადი-ბიგვა . . .	$P_i$ (გ. ბ.)	0,2155	0,3242	0,2384	0,1432	0,0607	0,0148	0,0025	0,0006	0,0000
საშუალო . . . . .	$P_i$	0,2382	0,3120	0,2240	0,1457	0,0607	0,0154	0,0031	0,0007	0,0002

$i$  ამ განაწილებისათვის გამოვიდა

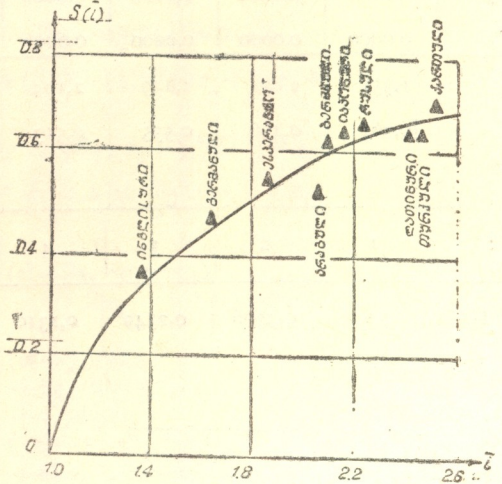
$$\sum_{i=1}^9 P_i = 2,5420,$$

ე. ი. ქართულ ენაში სიტყვები შედგება საშუალოდ 2,5 მარცვლისაგან.

$$S = - \sum_{i=1}^9 P_i \log P_i = 0,6862 \text{ ა. ე.}$$

$$= 2,2797 \text{ bit}$$

ენტროპია შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც  $i$ -ს ფუნქცია. შესაბამისი მრუდი მოყვანილია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1

შედარების მიზნით მოგვყავს 1 ცხრილის ანალოგიური ცხრილი ზემოაღნიშნული 9 ენისათვის.

თუ (4) ფორმულაში ჩავსვამთ  $i = 2,5420$ , მაშინ მივიღებთ თეორიულ განაწილებას:

$$F(i) = \frac{e^{-1,5420} (1,5420)^{i-1}}{(i-1)!}$$

ამ ფორმულის საშუალებით გამოთვლილი ალბათობები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

ნახ. 2-ზე მოყვანილია თეორიული და ექსპერიმენტული გრაფიკები, როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, თანხედენა თეორიასა და ექსპერიმენტს შორის კარგია. ნახ. 3-ზე მოყვანილია მარცვალთა განაწილებები ცალკეული ავტორისათვის.



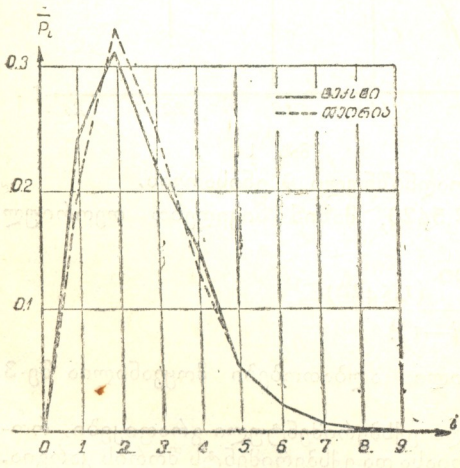
ცხრილი 2

მარცვალთა ფარდობითი სიხშირეები, ენტროპიები და ერთ სიტყვაზე მოსულ მარცვალთა საშუალო რაოდენობა 10 ენისათვის

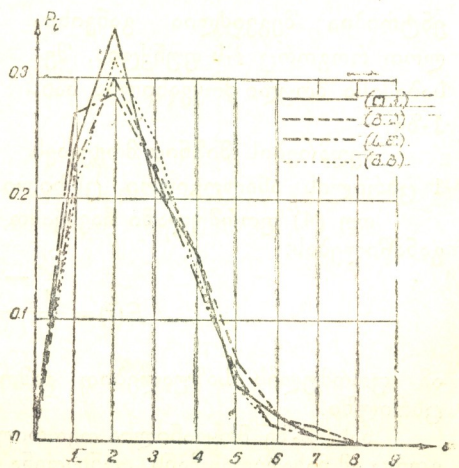
	ინგლისური	გერმანული	ესპანური	არაბული	ბერძნული	იაპონური	რუსული	ლათინური	თურქული	ქართული
$P_1$	0,7152	0,5560	0,4040	0,2270	0,3760	0,3620	0,3390	0,2420	0,1838	0,2382
$P_2$	0,1940	0,3080	0,3610	0,4970	0,3210	0,3440	0,3030	0,3210	0,3784	0,3120
$P_3$	0,0680	0,0938	0,1770	0,2239	0,1680	0,1780	0,2140	0,2870	0,2704	0,2240
$P_4$	0,0160	0,0335	0,0476	0,0506	0,0889	0,0868	0,0975	0,1168	0,1208	0,1457
$P_5$	0,0056	0,0071	0,0082	0,0017	0,0346	0,0232	0,0358	0,0282	0,0360	0,0607
$P_6$	0,0012	0,0014	0,0011	0,0000	0,0083	0,0124	0,0101	0,0055	0,0056	0,0154
$P_7$	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0007	0,0040	0,0015	0,0007	0,0004	0,0031
$P_8$	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0003	0,0002	0,0004	0,0007
$P_9$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
$\bar{i}$	1,351	1,634	1,859	2,104	2,105	2,137	2,228	2,392	2,455	2,542
$S$	0,367	0,456	0,535	0,513	0,611	0,622	0,647	0,631	0,629	0,686

ცხრილი 3

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F(i)$	0,2144	0,3306	0,2549	0,1310	0,0505	0,0156	0,0040	0,0009	0,0002



ნახ. 2



ნახ. 3

ბგერათა განაწილება მარცვლების მიხედვით

ბგერათა ალბათობების განაწილების გამოყენებისას ბუნებრივია მხედველობაში მივიღოთ პირობა, რომელიც ანალოგიურია ზემოთ განხილული პირობისა ( $\varepsilon_1=1, \varepsilon_2=\varepsilon_3=\dots=0$ ), სახელდობრ, რომ მარცვალი ერთი ბგერისაგან მაინც შედგება. მაგრამ როგორც გამოთვლები გვიჩვენებს (იხ. აგრეთვე ნახ. 4), ამ შემთხვევაში თეორიული განაწილება არ აღწერს რეალურ სურათს. ბგერათა განაწილების ზუსტი აღწერისათვის საჭიროა (1) განაწილების სრული  $\varepsilon$ -სპექტრის ცოდნა. მაგრამ, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, კარგ მიახლოებას იძლევა  $\varepsilon$ -სპექტრის პირველი სამი წევრი.

$\varepsilon$ -პარამეტრების განსაზღვრა ხდება (1) განაწილების მომენტების საშუალებით. რადგანაც ჩვენ შემოვისაზრეთ შემთხვევით  $\varepsilon_1=1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \neq 0$  და  $\varepsilon_4=\varepsilon_5=\dots=0$ , ამიტომ საკმარისია პირველი სამი მომენტის ცოდნა. მომენტების ექსპერიმენტული მნიშვნელობა ასეთია:

$$M_1=2,3283 \quad M_2=6,0739 \quad M_3=17,6697.$$

თუ ვისარგებლებთ მომენტების ამ მნიშვნელობებით, (3) განტოლებათა სისტემიდან მივიღებთ ორ განტოლებას  $\varepsilon_2$ -სა და  $\varepsilon_3$ -ის გამოსათვლელად.

$$\begin{aligned} \varepsilon_2^2 + 2\varepsilon_3\varepsilon_2 + (\varepsilon_3^2 - 2\varepsilon_3 - 0,6754) &= 0 \\ \varepsilon_2^2 + (3\varepsilon_3 - 4,9924)\varepsilon_2 + (3\varepsilon_3^2 - 12,9849\varepsilon_3 + 6)\varepsilon_2 + \\ &+ (3\varepsilon_3^3 - 7,9924\varepsilon_3^2 + 14,9849\varepsilon_3 + 3,7642) &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

ამ განტოლებათა სისტემის რეზულტანტს აქვს შემდეგი სახე:

$$R(\varepsilon_3) = \begin{vmatrix} 0 & 2\varepsilon_3 & (\varepsilon_3^2 - 2\varepsilon_3 - 0,6754) & 0 & 0 \\ I & I & 2\varepsilon_3 & (\varepsilon_3^2 - 2\varepsilon_3 - 0,6754) & 0 \\ 0 & 0 & I & 2\varepsilon_3 & (\varepsilon_3^2 - 2\varepsilon_3 - 0,6754) \\ I & (3\varepsilon_3 - 4,9924) & (3\varepsilon_3^2 - 12,9849\varepsilon_3 + 6) & (3\varepsilon_3^3 - 7,9924\varepsilon_3^2 + 14,9849\varepsilon_3 + 3,7642) & 0 \\ 0 & I & (3\varepsilon_3 - 4,9924) & (3\varepsilon_3^2 - 12,9849\varepsilon_3 + 6) & (\varepsilon_3^3 - 1,9924\varepsilon_3^2 + 14,9849\varepsilon_3 + 3,7642) \end{vmatrix} = 0 \quad (6)$$

ამ განტოლების ამოხსნებიდან უნდა ავიღოთ მხოლოდ  $\varepsilon_3=0,2036$ , (3) სისტემაში  $\varepsilon_3$ -ის ამ მნიშვნელობის ჩასმის შემდეგ ვღებულობთ  $\varepsilon_2=0,8362$ .

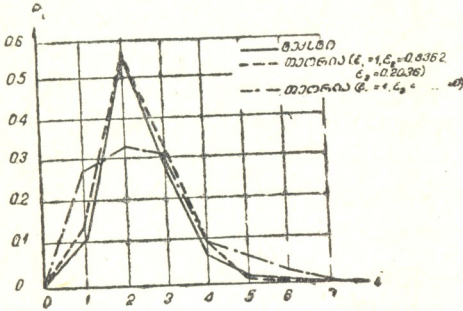
ბგერათა განაწილებას მარცვლების მიხედვით ექნება სახე

$$F(i) = e^{-0,2885} \left[ 0,1638 \frac{(0,2885)^{i-2}}{(i-1)!} + 0,6326 \frac{(0,2885)^{i-2}}{(i-2)!} + 0,2036 \frac{(0,2885)^{i-3}}{(i-3)!} \right] \quad (7)$$



ბგერებისაგან მარცვალთწარმოქმნის ზესტრუქტურის არსებობა მიგვი-  
თითებს, რომ მარცვლები (ბგერებისაგან მათი წარმოქმნის თვალსაზრისით)  
იყოფა ცალკეულ ჯგუფებად, ჩვენს შემთხვევაში სამ ჯგუფად:

1) მარცვლები, რომლებიც ერთი ბგერისაგან მაინც შედგება, 2) მარც-  
ვლები, რომლებიც არანაკლებ ორი ბგერისაგან შედგება და 3) მარცვლები,  
რომლებიც არანაკლებ სამი ბგერისაგან შედგება.



ნახ. 4

შესაბამისი სტატისტიკური წო-  
ნები ასეთია:

1 ჯგუფისათვის  $p_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 =$   
 $= 0,1638$ , მე-2 ჯგუფისათვის—  
 $p_2 = \varepsilon_2 - \varepsilon_3 = 0,6326$  და მე-3 ჯგუ-  
ფისათვის  $p_3 = \varepsilon_3 = 0,2036$ . ამ ჯგუ-  
ფების არსებობა გასაგებია ფონე-  
ტიკის თვალსაზრისითაც. ცნო-  
ბილია, რომ არსებობს ღია მარ-  
ცვლები (რომლებიც ხმოვანზე  
ბოლოვდება) და დახურული მარ-  
ცვლები (რომლებიც თანხმოვან-

ზე ბოლოვდება). რადგანაც ქართულში მარცვალი აუცილებლად ხმოვანს  
უნდა შეიცავდეს, ამიტომ ცხადია, რომ ღია მარცვლები ეთანადება პირველ  
ჯგუფს, ხოლო დახურული მარცვლები—მეორეს. მესამე ჯგუფი ეთანადება  
ეგრეთ წოდებულ ჰარმონიულ ჯგუფებს (ჭყ, ტყ, წყ, ქყ, ფხ, თხ, ცხ, ჩხ, ბღ,  
დღ, ძღ, ჯღ), რომლებიც მთლიანად მონაწილეობენ მარცვალთა წარმოქმნაში.

მე-4 ცხრილში მოყვანილია ექსპერიმენტული და (7) ფორმულის საფუძ-  
ველზე მიღებული შედეგები.

ცხრილი 4

$i$	1	2	3	4	5	6	7
$F(i)$ ექსპერ.	0,1953	0,5529	0,2689	0,0584	0,0118	0,0029	0,0005
$F(i)$ თეორიულ.	0,1355	0,5623	0,3249	0,0858	0,0091	0,0008	0,0001

ε-სპექტრის მეტი წევრების მხედველობაში მიღება უზრუნველყოფს  
უფრო მეტ სიზუსტეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ინსტიტუტი  
თბილისი  
(რედაქციას მოუვიდა 22.8.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. W. Fucks. Mathematical theory of word formation—„Information theory“—Edi-  
ted by Colin Cherry.  
2. ა. შანიძე. ქართული ენის გრამატიკა, ტ. I, გვ. 15, 1955.

ლ. მუხაძე

 დამრეცი გარსების ანგარიშის ზოგიერთი კერძო  
 შემთხვევა

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. ონაშვილმა 3.4.1959)

განსახილველი გარსების ანგარიშს საფუძვლად უდევს ვ. ვლასოვის დამრეცი გარსების ტექნიკური თეორია [1].

კომპლექსური ფუნქციის

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

გამოყენებით ი. ვეკუას [2] ამოცანა დაყავს ერთი დიფერენციალური განტოლების ამოხსნამდე

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

რომლის მიმართაც შემდეგ გამოყენებულია ზოლების მეთოდი [3].

ზოლების მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: განტოლებაში შემავალი  $\Phi$ -ს კერძო წარმოებულები შეიცვლება სასრულო-სხვაობითი ფარდობებით მხოლოდ ერთი მიმართულებით. ამის გამო განსახილველი ზედაპირი დაიყოფა დისკრეტულ ზოლებად; რომელიმე  $j$ -ური ზოლისათვის იწერება დიფერენციალურ სხვაობითი განტოლება

$$L_1 \Phi_j + L_2 \Phi_{j+1} + L_3 \Phi_{j-1} + \frac{1}{h^4} (\Phi_{j+2} + \Phi_{j-2}) = \frac{\zeta_j}{D},$$

სადაც

 $h$  ზოლის სიგანეა,

$\zeta_j$ —ამ ზოლზე მოსული დატვირთვა, ხოლო  $L_1$ ,  $L_2$  და  $L_3$ -ით აღნიშნულია ოპერატორები:

$$L_1 = \frac{d^4}{dy^4} - \frac{4}{h^2} \frac{d^2}{dy^2} + \frac{6}{h^4} - i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{\delta} \left( k_{xj} \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d k_{xi}}{dy} \frac{d}{dy} - \frac{2}{h^2} k_{yj} \right),$$

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

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



მიღებული განტოლების ამოსახსნელად ვიყენებთ ვარიაციულ მეთოდს. კერძო შემთხვევაში, როცა ძაბვებისა და გადაადგილების ფუნქციები, სასაზღვრო პირობების შესაბამისად, ერთნაირი ფუნქციების მწკრივად წარმოიდგინება, ვიღებთ შემდეგ ვარიაციულ განტოლებას:

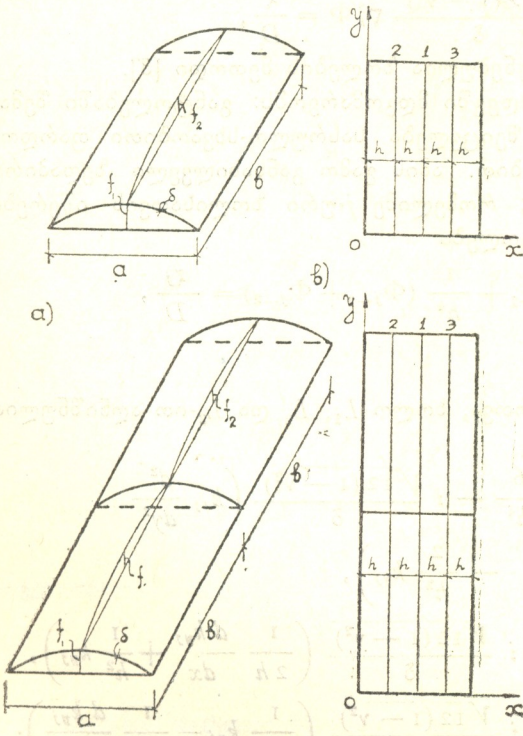
$$\int_0^b \left[ A_{j,n} L_1 \Phi_{j,n} + A_{j+1,n} L_2 \Phi_{j+1,n} + A_{j-1,n} L_3 \Phi_{j-1,n} + \frac{I}{h^4} (A_{j+2,n} \Phi_{j+2,n} + A_{j-2,n} \Phi_{j-2,n}) - \frac{B_{j,n}}{D} \Phi_{j,n} \right] \Phi_{j,n} dy = 0, \quad (1)$$

სადა  $A_{j,n}$  და  $B_{j,n}$  აღნიშნავენ სათანადოდ  $\Phi_j$ -ს და დატვირთვის დაშლის კოეფიციენტებს:

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

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

(1) განტოლების ინტეგრებით  $S$  რაოდენობა ზოლებისათვის ვღებულობთ



ფიგ. 1

$S$  ხაზობრივ ალგებრულ განტოლებას  $\Phi_j$  კომპლექსური ფუნქციის დაშლის კოეფიციენტების მიმართ.

განხილული მეთოდით ნაანგარიშევა დამრეცი ერთმაგი და შეწყვეტილებული გარსები (ფიგ. 1-ა).

სიმრუდეები  $x$  და  $y$ -ის მიმართულებით განისაზღვრება ფორმულებით:

$$k_x = \frac{8 f_1}{a^2} + \frac{32 f_2 (by - y^2)}{a^2 b^2}$$

$$k_y = \frac{32 f_2 (ax - x^2)}{a^2 b^2}$$

გადავიდეთ  $x$ -ის მიმართულებით სასრულო სხვაობებზე ბიჯით  $h = \frac{a}{4}$ . გარსის ზედაპირზე

დაიტანება 3 ზოლი (ფიგ. 1-ბ) რომელთათვისაც იწერება (1)-ის ტიპის განტოლებები. მიღებული სისტემის ამოხსნის შემდეგ განი-

საზღვრება კომპლექსური ფუნქციები კონტურის ჩამაგრებისა და დატვირთვის სქემის ყოველი ცალკეული შემთხვევისათვის.

ქვემოთ მოცემულია საერთო საანგარიშო ფორმულები შემდეგი სქემებისათვის:

I. ერთმაგი თავისუფლად დაყრდნობილი გარსი

როცა

$$x = 0 \text{ და } x = a - w = M_1 = v = T_1 = 0,$$

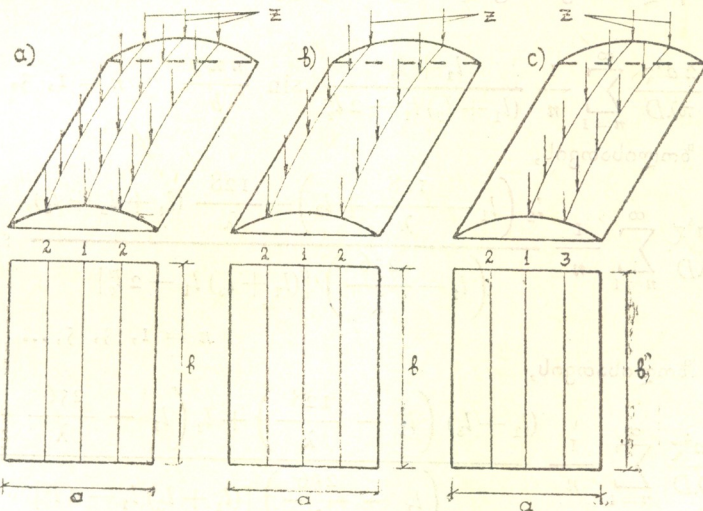
როცა

$$y = 0 \text{ და } y = b - w = M_2 = u = T_2 = 0.$$

1. თანაბრად განაწილებული დატვირთვა

ა) მთლიანი დატვირთვა:  $\chi_1 = \chi_2 = \chi_3 = \chi$  (ფიგ. 2-ა).

$$\Phi_1 = \frac{2 a^4 \chi}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + 2 l_2}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$



ფიგ. 2

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{2 a^4 \chi}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + l_2 + l_3}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 2 ზოლისათვის,

სადაც

$$l_1 = \frac{n^4 \pi^4}{2} \lambda^3 + 32 n^2 \pi^2 \lambda + \frac{768}{\lambda} + i \frac{V_{I2} (1 - \nu^2)}{\delta} \times \\ \times 4 \lambda f_1 \left[ 22 \gamma + n^2 \pi^2 \left( 1 + \frac{2}{3} \gamma \right) \right],$$



$$l_2 = 16 n^2 \pi^2 \lambda + \frac{512}{l} + i \frac{\sqrt{12(1-\nu^2)}}{\delta} 64 \lambda \gamma f_1, \quad (2)$$

$$l_3 = i \frac{\sqrt{12(1-\nu^2)}}{\delta^2} 32 \lambda \gamma f_1.$$

ბ) ნაწილობრივი სიმეტრიული დატვირთვა:  $\alpha_1 = 0$ ;  $\alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$   
(ფიგ. 2-ბ)

$$\Phi_1 = \frac{2 a^4 \chi}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{2 l_2}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{2 a^4 \chi}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + l_3}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 2 ზოლისათვის.

გ) ნაწილობრივი ცალმხრივი დატვირთვა:  $\alpha_2 = 0$ ;  $\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha$   
(ფიგ. 2-ც)

$$\Phi_1 = \frac{2 a^4 \chi}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + l_2}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{2 a^4 \chi}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_2 \left( l_1 - \frac{128}{\lambda} + l_2 \right) - \frac{128}{\lambda} (l_1 + l_2 + l_3)}{\left( l_1 - \frac{256}{\lambda} \right) [(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2]} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

$n = 1, 3, 5, \dots$

№ 2 ზოლისათვის,

$$\Phi_3 = \frac{2 a^4 \chi}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{(l_1 + l_3) \left( l_1 - \frac{128}{\lambda} \right) + l_2 \left( l_1 - \frac{256}{\lambda} - l_2 \right)}{\left( l_1 - \frac{256}{\lambda} \right) [(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2]} \times$$

$$\times \sin \frac{n \pi y}{b}$$

$n = 1, 3, 5, \dots$

№ 3 ზოლისათვის.

2. შეყუთრსული დატვირთვა

დ) დატვირთვა  $P$  ძალით გარსის ცენტრში (ფიგ. 3-ა)

$$\Phi_1 = \frac{a^3 p}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{l_1 \sin \frac{n \pi}{2}}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

$n = 1, 3, 5, \dots$

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{a^2 p}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{l_2 \sin \frac{n \pi}{2}}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

$$n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 2 ზოლისათვის.

ე) დატვირთვა სიმეტრიული  $P$  ძალით № 2 ზოლის შუაში (ფიგ. 3-ბ)

$$\Phi_1 = \frac{a^3 p}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 l_2 \sin \frac{n \pi}{2}}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

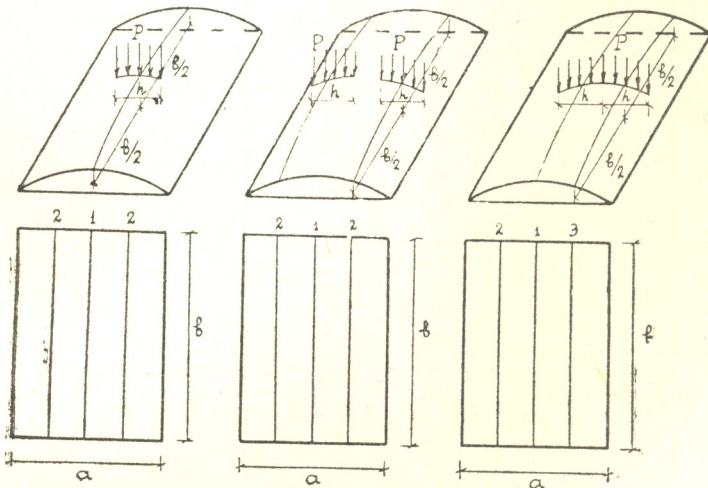
$$n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{a^3 p}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(l_1 + l_3) \sin \frac{n \pi}{2}}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

$$n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 2 ზოლისათვის.



ფიგ. 3

ვ) ცალმხრივი დატვირთვა  $P$  ძალით № 1 და № 3 ზოლების შუაში (ფიგ. 3-ც).

$$\Phi_1 = \frac{a^3 p}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(l_1 + l_2) \sin \frac{n \pi}{2}}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

$$n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 1 ზოლისათვის,



$$\Phi_2 = \frac{a^3 p}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{l_2 \left( l_1 - \frac{128}{\lambda} + l_2 \right) - \frac{128}{\lambda} (l_1 + l_2 + l_3)}{\left( l_1 - \frac{256}{\lambda} \right) [(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2]} \times$$

$$\times \sin \frac{n \pi}{2} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

 $n = 1, 3, 5, \dots$ 

№ 2 ზოლისათვის,

$$\Phi_3 = \frac{a^3 p}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(l_1 + l_3) \left( l_1 - \frac{128}{\lambda} \right) + l_2 \left( l_1 - \frac{256}{\lambda} - l_2 \right)}{\left( l_1 - \frac{256}{\lambda} \right) [(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2]} \times$$

$$\times \sin \frac{n \pi}{2} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

 $n = 1, 3, 5, \dots$ 

№ 3 ზოლისათვის.

$l_1, l_2$  და  $l_3$ -თი ბ, გ, დ, ე და ვ პუნქტებში აღნიშნულია (2) ოპერატორები.

II. ერთნაგი გარსი, თავისუფლად დაყრდნობილი განივი კიდეები, ხოლო გრძივით ჩამაგრებული მარტო კვეთის მობრუნებისაგან

როცა

$$x = 0 \text{ და } x = a - w = \frac{\partial w}{\partial x} = T_1 = S = 0,$$

როცა

$$y = 0 \text{ და } y = b - w = M_2 = u = T_2 = 0.$$

დატვირთვა თანაბრად განაწილებულია:  $z_1 = z_2 = z_3 = z$ .

$$\Phi_1 = \frac{2 a^4 z}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + 2 l_2 + \frac{691,2}{\lambda}}{\left( l_1 + l_3 \right) \left( l_1 + \frac{691,2}{\lambda} \right) - 2 l_2 \left( l_2 + \frac{145,92}{\lambda} \right)} \times$$

$$\times \sin \frac{n \pi y}{b}$$

 $n = 1, 3, 5, \dots$ 

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{2 a^4 z}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \frac{145,92}{\lambda}}{\left( l_1 + l_3 \right) \left( l_1 + \frac{691,2}{\lambda} \right) - 2 l_2 \left( l_2 + \frac{145,92}{\lambda} \right)} \times$$

$$\times \sin \frac{n \pi y}{b}$$

 $n = 1, 3, 5, \dots$

№ 2 ზოლისათვის,  
სადაც  $l_1, l_2, l_3$ -თი აღნიშნულია ობერატორები (2).

III. შეწყვეტილებული თავისუფლად დაყრდნობილი გარსი

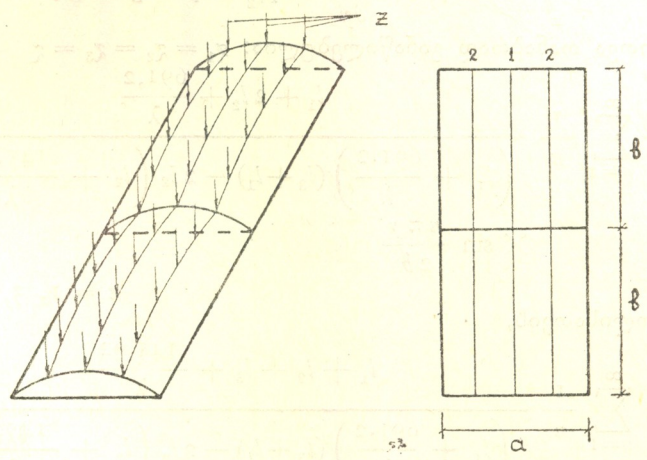
როცა

$$x = 0 \text{ და } x = a \text{ — } w = M_1 = v = T_1 = 0,$$

როცა

$$y = b \text{ — } \frac{\partial w}{\partial y} = N_2 = v = S = 0.$$

დატვირთვა თანაბრად განაწილებული:  $z_1 = z_2 = z_3 = z$  (ფიგ. 4).



ფიგ. 4

$$\Phi_1 = \frac{2 a^4 z}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + 2 l_2}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{2 b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{2 a^4 z}{\pi \lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + l_2 + l_3}{(l_1 + l_3) l_1 - 2 l_2^2} \sin \frac{n \pi y}{2 b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 2 ზოლისათვის,

სადაც:

$$l_1 = \frac{n^4 \pi^4}{32} \lambda^3 + 8 n^2 \pi^2 \lambda + \frac{768}{\lambda} + i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{\delta} \lambda f_1 \times$$

$$\times \left[ 96 \gamma + n^2 \pi^2 \left( 1 + \frac{2}{3} \gamma \right) \right],$$

$$l_2 = 4 n^2 \pi^2 \lambda + \frac{512}{\lambda} + i \frac{\sqrt{12(1-v^2)}}{\delta} 64 \lambda \gamma f_1, \quad (3)$$



$$l_3 = i \frac{\sqrt{12(1-\nu^2)}}{\delta} 32\lambda\gamma f_1.$$

IV. შეწყვეტილებული გარსი, თავისუფლად დაყრდნობილი განივი კიდევებით, ხოლო გრძივით ჩამაგრებული მარტო კვეთის მობრუნებისაგან როცა

$$x = 0 \text{ და } x = a - w = \frac{\partial w}{\partial x} = T_1 = S = 0,$$

როცა

$$y = b - \frac{\partial w}{\partial y} = N_2 = v = S = 0.$$

დატვირთვა თანაბრად განაწილებულია:  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$

$$\Phi_1 = \frac{2a^4\alpha}{\pi\lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + 2l_2 + \frac{691,2}{\lambda}}{\left(l_1 + \frac{691,2}{\lambda}\right)(l_3 + l_1) - 2l_2 \left(l_2 + \frac{145,92}{\lambda}\right)} \times \\ \times \sin \frac{n\pi y}{2b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 1 ზოლისათვის,

$$\Phi_2 = \frac{2a^4\alpha}{\pi\lambda D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \frac{145,92}{\lambda}}{\left(l_1 + \frac{691,2}{\lambda}\right)(l_3 + l_1) - 2l_2 \left(l_2 + \frac{145,92}{\lambda}\right)} \times \\ \times \sin \frac{n\pi y}{2b} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

№ 2 ზოლისათვის.

აქ  $l_1$ ,  $l_2$  და  $l_3$ -ით აღნიშნულია ოპერაციები (3).

ზემომოყვანილ ფორმულებში  $\lambda$  და  $\gamma$ -თი სათანადოდ აღნიშნულია:

$\lambda = \frac{a}{b}$  — გადასახურავი ფართის გვერდების თანათარლობა და  $\gamma = \frac{f_2}{f_1}$  — ორ-მაგი სიმრუდის „მანხასიათებელი“. კერძოდ, როცა  $\gamma = 0$ , ჩვენ გვაქვს ცილინდრული გარსი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 3.4.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. З. Власов. Общая теория оболочек. Гостехиздат. Москва, 1949.
2. И. Н. Векуа. Новые методы решения эллиптических уравнений. ОГИЗ, М.—Л., 1948.
3. В. Н. Шапшмелашвили. Расчет вспарушенной плиты методом конечных разностей. Труды научных корреспондентов Института строительного дела АН ГССР, II, 1958.



სამომო საქმე

ო. უკლვაზა

ფენის გადაადგილების ჰორიზონტული პროექციის განსაზღვრის გრაფიკული მეთოდი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ფ. თაყაიშვილმა 2.12.1958)

მდნეული საბადოს მცირე ამპლიტუდიანი აშლილობანი წმინდა გეოლოგიური თვალსაზრისით ნაკლებ მნიშვნელოვანია, მაგრამ საბადოს ექსპლოატაციის პროცესში მეტად ძლიერ გართულებას იწვევს. სამთო საქმეში ოპერატიულობას, სამთო გამონამუშევრების ზუსტ და დროულ გაყვანას, მიკროდისლოკაციების გათვალისწინებით, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. ამასთან ზოგჯერ მოსამზადებელი სამუშაოების და ექსპლოატაციის ტემპი გვეკარნახობს ადგილზე, სამთო გამონამუშევრებში, იქნეს გადაწყვეტილი სამთო საინჟინერო გეოლოგიის აქტუალური საკითხები: ტექტონიკის (გადაადგილებული ფენის პოვნა), ფენის სტრუქტურისა და სიმძლავრის შესწავლა, სახურავის და საგების მდგომარეობა, კლივაჟი და მისი გავლენა წმენდითი სამუშაოების მდგომარეობაზე და ნახშირის მონგრევაზე და სხვა.

აღნიშნული საკითხებიდან მეტად საყურადღებოა გადაადგილებული ფენის ჰორიზონტული პროექციის განსაზღვრა ტექტონიკურად აშლილ საშახტო ველებზე, რათა დროულად წარიმართოს სამთო გამონამუშევრები საჭირო მიმართულებით, არ დაეკარგათ მოსამზადებელი სამუშაოების და ექსპლოატაციის ტემპი და შევამციროთ წარმოების ხარჯები.

გადაადგილებული ფენის პოვნისათვის აუცილებელია ზუსტი მონაცემები, ნასხლეტთა ვერტიკალური ამპლიტუდისა და დაქანების კუთხეების შესახებ და ფენის გადაადგილების ჰორიზონტული პროექციის ცოდნა. ამ სიდიდეების განსაზღვრისათვის ჩვენს მიერ აგებულ იქნა გრაფიკი ტრიგონომეტრიული ფორმულის გამოყენებით

$$X = H \cdot ctg \delta, \tag{1}$$

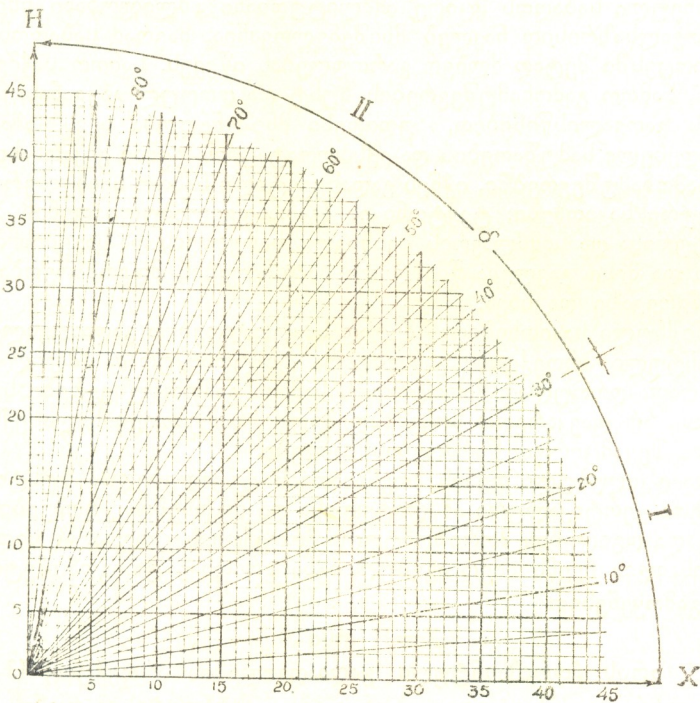
სადაც X არის ჰორიზონტული გადაადგილების პროექცია, H—ნასხლეტის ვერტიკალური ამპლიტუდა, ხოლო  $\delta$  — ნასხლეტის ვარდნის კუთხე.

აღნიშნული ფორმულა წარმოადგენს პირველი რიგის წრფის განტოლებას, მართლაც, თუ (1) განტოლებაში დავუშვებთ, რომ  $ctg \delta = a$ , მივიღებთ  $X = Ha$ , რაც წარმოადგენს იმ წრფის განტოლებას, რომელიც სათავეზე გაივლის.

მოცემული გრაფიკის ვერტიკალურ ღერძზე აითვლება ნასხლეტთა ვერტიკალური ამპლიტუდების შესაბამისი სიდიდეები მეტრებში, ჰორიზონტულზე — ფენის ჰორიზონტული გადაადგილების პროექციები მეტრებში, ხოლო კორდინატთა სათავეზე (O) გამავალი სწორი ხაზები შეესატყვისება ნასხლეტთა ვარდნილობის კუთხეებს გრადუსებში (იხ. ნახ. 1). ამასთანავე გრაფიკის აბსცისათა და ორდინატთა ღერძებზე ათვლა წარმოებს მთელი დანაყოფებით მეტრებში, ხოლო მეათედების სიზუსტით ათვლა თვალზომითია, რაც სავსებით აკმაყოფილებს ჩვენს მოთხოვნილებას. ასე, მაგალითად, თუ ნასხლეტის ვერტიკალური ამპლიტუდა სანგრევში გაზომვით უდრის 10 მეტრს, ხოლო ვარ-



დნილობის კუთხე  $\delta=40^\circ$ , ფენის გადაადგილების ჰორიზონტული პროექციის მოძებნისათვის ნასხლეტის ვერტიკალური ამპლიტუდის შესაბამისი სიდიდიდან (წერტილი რომელიც 10 მ აჩვენებს) გავატარებთ აბსცისათა ღერძის პარალელურ ხაზს მოცემული კუთხის ( $40^\circ$ ) შესაბამისი ხაზის გადაკვეთამდე, შემდეგ უკანასკნელიდან დავუშვებთ მართობს აბსცისათა ღერძზე. მანძილი გადაკვეთის წერტილიდან ორდინატთა სათავემდე (0) მოგვცემს (ამ შემთხვევაში 12 მეტრი) ფენის ჰორიზონტული გადაადგილების პროექციის სიდიდის მნიშვნელობას მეტრებში. იგივე H-თვის (10-მ), როცა  $\delta=50^\circ$ , ფენის ჰორიზონტული გადაადგილების პროექცია  $X=8,3$  მ, რომელსაც მეთაფედების სიზუსტით, თვალსაზრისით ავთვლით.



მასშტაბი 1:500

ნახ. 1

გრაფიკიდან ჩანს, რომ ერთსა და იმავე H-სათვის რაც უფრო ნაკლებია ნასხლეტის ან ფენის ვარდნილობის კუთხე ( $\delta$ ), მით მეტია ფენის ჰორიზონტული გადაადგილების პროექცია (X), ე. ი. როცა  $H=const$ , მაშინ X და  $\delta$  ერთმანეთთან უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია.

მოცემული გრაფიკის თვალსაჩინოებისა და ადვილად სარგებლობისათვის გრადუსების აღმნიშვნელი რკალის 1-ლი მონაკვეთი ( $0^\circ$ -დან  $30^\circ$ -მდე) დაკვავით ხუთ-ხუთ გრადუსად, მე-2 მონაკვეთი ( $30^\circ$ -დან  $90^\circ$ -მდე) — ორ-ორი გრადუსის გამოშვებით.



ამასთანავე გრაფიკის დატვირთვის თავიდან აცილების მიზნით მე-2 მონაკვეთში გრადუსის აღმნიშვნელი ყოველი ხაზი კი არ უერთდება კოორდინატთა სათავეს, არამედ — მხოლოდ მეორე ხაზი.

ჩვენს მიერ შედგენილი გრაფიკი საშუალებას გვაძლევს მოცემულ ელემენტთა (H,  $\delta$ , X) ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრისათვის თავიდან ავიცილოთ ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ცხრილებით სარგებლობა და ამასთან დაკავშირებით გამოთვლითი ოპერაციების შესრულება, რაც კამერალური დამუშავებისას ბევრ დროს მოითხოვს და ამიტომაც რამდენადმე ამცირებს სამთო გამონამუშევრების გაყვანის ოპერაციულობას.

1 გრაფიკი საშუალებას იძლევა თუ ვიცით ორი ელემენტი H და  $\delta$  (რომლებიც სანგრევში უშუალო გაზომვით აითვლება) სწრაფად განვსაზღვროთ ფენის ჰორიზონტული გადაადგილების პროექცია (X), ან კიდევ, თუ ცნობილია გადაადგილების პროექცია (X) და ნასხლეტის ვარდნილობის კუთხე ( $\delta$ ) ზემოთ აღწერილი გზით სწრაფად განვსაზღვრავთ ვერტიკალურ ამპლიტუდას (H) მოცემული ადგილისათვის;

2. გრაფიკის საშუალებით რთული, ტექტონიკურად აშლილი საბადოს პირობებში შესაძლებელია ადგილზევე (სამთო გამონამუშევრებში), ყოველგვარი კამერალური დამუშავების გარეშე, გადაწყდეს მოცემულ ჰორიზონტზე და მოცემულ ფენაში შემხვედრი ნასხლეტის სიბრტყის კვალის პროექციული გადაადგილების სიდიდე სხვა ჰორიზონტისათვის. ამ შემთხვევაში წინასწარ ვიცით, რა.ორ მოსაზღვრე ჰორიზონტს შორის ვერტიკალური მანძილები (H) (შესაბამისი ნიშნულობის ცოდნით) და ნასხლეტის ვარდნილობის კუთხე ( $\delta$ ), სწრაფად განვსაზღვრავთ ნასხლეტის სიბრტყის ჰორიზონტულ გადაადგილების პროექციას (X), საჭირო ჰორიზონტისათვის, უკანასკნელით კი შეგვიძლია დაუყონებლივ ვიწინასწარმეტყველოთ რომელ ადგილზე შეგვხვდება ჰორიზონტისათვის რვივე მიკროტექტონიკური აშლილობა, რომელიც ხელს უშლის მოცემულ ველში მოცემული ფენის ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებს და ჩავატაროთ ყოველგვარი წინამოსამზადებელი სამუშაოები, რათა უვნებელვყოთ მათი უარყოფითი გავლენა როგორც სამთო გამონამუშევრების გაყვანამდე, ასევე წმენდითი სამუშაოების მიმდინარეობის პროცესზე;

3. გრაფიკი ასევე მოხერხებულად შეიძლება გამოვიყენოთ სამთო გეოლოგიური პასპორტების შედგენის დროს; თუ ცნობილია რომელიმე ფენაში არსებული ნასხლეტის სიბრტყის კვალი გეგმაზე და უნდა შედგეს სხვა ფენის სამთო გეოლოგიური პასპორტი, უკანასკნელისათვის ნასხლეტის სიბრტყის კვალის გადაადგილების პროექცია განისაზღვრება, თუ ცნობილია მოცემულ ფენებს შორის ვერტიკალური მანძილი (H) და ნასხლეტის სიბრტყის ვარდნილობის კუთხე ( $\delta$ ).

გრაფიკი ასევე წარმატებით შეიძლება გამოვიყენებულ იქნეს სავლე გეოლოგიაშიც, ტექტონიკურად რთული რაიონის აგეგმვის დროს, თუ იგი აგებულ იქნება ხელსაყრელ მასშტაბში.



როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, (1) ფორმულა, რომლითაც შედგენილია გრაფიკი, ანალიზურად წარმოადგენს წრფის განტოლებას, რომელშიაც თუ ერთ-ერთ სიდიდეს დავუშვებთ მუდმივსა და ორ დანარჩენს პროპორციულად შევცვლით, შეიძლება ავაგოთ ამ სამი სიდიდის დამოკიდებულების გამომხატველი ნომოგრამაც, მაგრამ უკანასკნელით სარგებლობა შახტებში მოუხერხებელია. იგი მეტ დროს მოითხოვს და ნაკლებად პრაქტიკულია.

ტყიბულქვანაშვილის ტრესტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.12.1958)

ოჯახ მიხაკისებრთა ტრიბა *LYCNIDEAE* A. Br.-ს  
წარმომადგენელთა პლაცენტაციის შესწავლისათვის

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 18.2.1959)

პლაცენტაცია უმაღლეს მცენარეებში დიდი ხანია იპყრობს მკვლევართა ყურადღებას. უკვე გასულ საუკუნეში პლაცენტაციას ფილოგენიისა და ტაქსონომიური მიზნებისათვის იყენებდნენ. ლინდლეიმ [13] პლაცენტაცია დაუდო საფუძვლად *Parietales* რაზმის გამოყოფას. პლაცენტაციისა და გინეცემის სტრუქტურის შესწავლა ძალიან ეხმარება ნათესაური კავშირების დადგენასა და ფილოგენიას. უახლესი გამოკვლევებით პლაცენტაციის მსგავსების ნიადაგზე ერთხელ კიდევ დამტკიცდა ნათესაური ერთიანობა *Passifloraceae*-სა და *Cucurbitaceae*-ს, *Caryophyllaceae*-სა და *Primulaceae* — შორის [6,7,13]. პლაცენტაცია უკვე კარგა ხანია განიხილებოდა როგორც მნიშვნელოვანი ნიშანი ოჯ. *Ericaceae*-ს და გვარ *Begonia*-ს კლასიფიკაციისათვის. უკანასკნელ წლებში პლაცენტაციის მნიშვნელობის მხურვალე დამტკიცებად ტაქსონომიისთვის ლამი გვევლინება, რომელმაც პლაცენტაცია დაუდო საფუძვლად ფარულთესლოვანთა ახალი სისტემის შექმნას.

პლაცენტის მორფოლოგიური ბუნების გარკვევისას ბოტანიკოსები ვერ შეჩერდნენ ერთ შეხედულებაზე. ერთნი პლაცენტას ღერძულ წარმოშობას მიაწერდნენ, მეორენი, „ფოლიარული თეორიის“ მომხრენი, მაკროსპოროფიტების, ანუ ნაყოფის ფოთლების (*carpellum*) ნაწილებად მიიჩნევდნენ, მკვლევართა მესამე ჯგუფი მცენარეთა ერთი ნაწილისათვის პლაცენტას თვლიდა ღერძის, ხოლო დანარჩენთათვის ნაყოფის ფოთლის წარმონაქმნად. ახლა მეცნიერთა უმრავლესობა „ფოლიარული თეორიის“ შეხედულებებს იზიარებს [1,3,4,8,9,13].

პლაცენტაციის ტიპების სახელწოდებაზეც ისევე არ არსებობს ერთიანი შეხედულება, როგორც პლაცენტის მორფოლოგიურ ბუნებაზე. განსაკუთრებით დიდი სხვადასხვაობაა ამ მხრივ ცენტრალური პლაცენტის ირგვლივ. საჭიროა აგრეთვე აღინიშნოს, რომ მოძღვრება პლაცენტაციაზე თეორიული ბოტანიკის ერთერთ შედარებით ნაკლებად დამუშავებულ თავს წარმოადგენს. ყველა ამის გამო ზედმეტად არ ჩავთვალეთ შეგვესწავლა მიხაკისებრთა ოჯახის ტრიბა *Lychnideae*-ს წარმომადგენლების პლაცენტა და გავვერკვია ევოლუციის მიმართულება ტრიბის შემადგენელი გვარების განვითარებაში.

ჩვენ შევისწავლიდით ტრიბა *Lychnideae*-ს გვარების ყვავილის მორფოლოგიას. განსაკუთრებულ ყურადღებას ვაქცევდით ვასკულარული სისტემის შესწავლას, რომელიც დიდ დახმარებას უწევს მკვლევარებს ყვავილის ცალკეული ნაწილების ბუნების გარკვევაში. როგორც იმსი აღნიშნავს, ყვავილში სწორედ მისი გამტარი სისტემის თავისებურებებით მქლავნდება ორმაგი



კონსერვატიზმი. ყვავილის ვასკულარული ჩონჩხი იჩენს კონსერვატიზმს, დამახასიათებელს საერთოდ გამტარი სისტემისათვის, და კონსერვატიზმს, რომელიც გენერაციულ ორგანოებს გააჩნიათ [2]. ამით აიხსნება ყვავილის დიდი მნიშვნელობა ფილოგენისათვის.

საკვლევ ობიექტებს შევისწავლიდით 3 ფაზაში. კვირტები, ყვავილები და მწიფე კოლოფები ფიქსირდებოდა ფორმალინიან სპირტში. ამასთან შეისწავლებოდა ცოცხალი მასალაც. პარაფინში ჩაყალიბებული ობიექტებისგან მზადდებოდა 10 — 12 მიკრონის სისქის სერიალური განივი და სიგრძივი ჭრილები მიკროტომზე. პრეპარატები იღებებოდა საფრანგულში. ყვავილებს მთლიანად შესასწავლად ვამპკირვალედით 70% რძის მუყავაში.

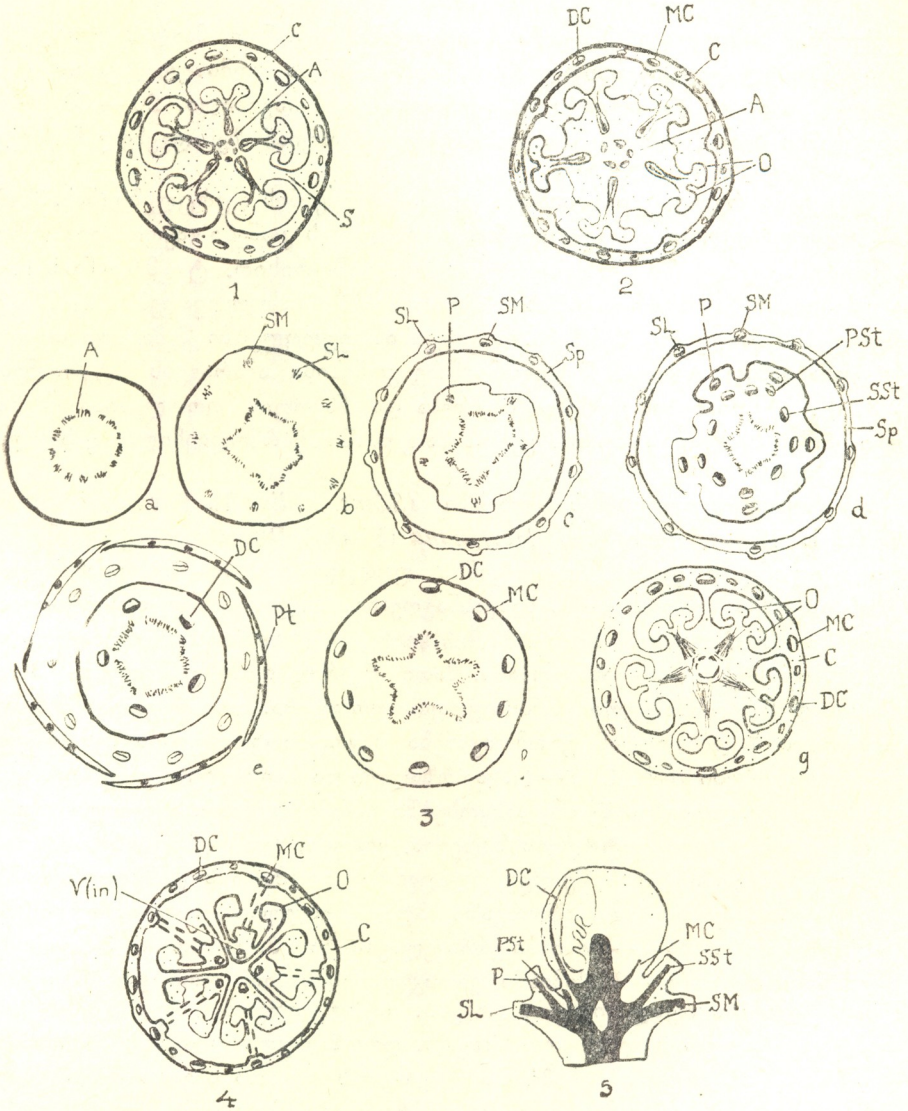
ჩვენ მიერ სულ შესწავლილია 33 სახეობა, რომლებიც კავკასიაში გავრცელებულ ტრიბა *Lychnideae*-ს 10 გვარს შეადგენს.

ტრიბა *Lychnideae*-ს ონტოგენეზში შეიძლება გავარჩიოთ პლაცენტის განვითარების სხვადასხვა სტადია. აქ ხდება თანდათანობით გადასვლა სინკარპული გინეცეუმიდან (ნახ. 1), ცენტრალურ-კუთხური ანუ ღერძული პლაცენტაციით, ლიზიკარპული გინეცეუმისაკენ (ნახ. 2) თავისუფალ — ცენტრალური პლაცენტით. ადრეულ სტადიებზე უმეტესი სახეობების ნასკვები ინარჩუნებენ ტიხრებს, ხოლო ყვავილობისას ტიხრები ან მთლიანად ქოება, როგორც მაგ. *Melandrium Boissieri* Schischk.-ში, ან რჩება კოლოფის ქვედა ნაწილში, მაგ., *Silene italica* (L.) Pers., *Viscaria viscosa* (Scop.) Aschers.-ში. ამით *Silene* L. და *Viscaria* Roehl. თითქოს იკავებს გარდამავალ მდგომარეობას სინკარპულ და ლიზიკარპულ გინეცეუმს შორის. ტიხრების მოსპობას მივყავართ ერთბუდიანი კოლოფის წარმოქმნისაკენ 5 — ან 3 — ბუდიანი კოლოფისაგან, და თავისუფალ — ცენტრალურ პლაცენტაციისკენ ღერძულ, ანუ ცენტრალურ-კუთხური პლაცენტისაგან.

ამრიგად, ტრიბა *Lychnideae* წარმოდგენილია სახეობებით, სადაც კარგადაა გამოსახული თავისუფალ-ცენტრალური პლაცენტა (*Melandrium* Roehl., *Charesia* E. Busch., *Elisanthe* Rehb., *Petrocoma* Rupr.). და ამავე დროს სახეობებით, სადაც კოლოფის ქვედა ტიხრებიან ნაწილში შერჩენილია ცენტრალურ-კუთხური, ანუ ღერძული პლაცენტა, ხოლო ზედა ნაწილში თავისუფალ-ცენტრალური პლაცენტაა გამოსახული (*Silene* L., *Viscaria* Roehl.). ამიტომ, თუმცა მკვლევართა დიდი რიცხვი მიხაკასებრთა და მონათესავე ოჯახების პლაცენტას თავისუფალ-ცენტრალურს უწოდებს, ჩვენ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ტრიბა *Lychnideae*-ს წარმომადგენლების პლაცენტას ცენტრალური პლაცენტა ვუწოდოთ, ისევე როგორც ამაზე მიუთითებენ გებელი [10], ტომსონი [14], ტახტაჯიანი [4], ეკარდტი [9].

ჩვენ შევისწავლეთ სერიალური ჭრილები. ვასკულარული მარაგი ტრიბა *Lychnideae*-ს წარმომადგენლების ყვავილებში ასე ნაწილდება (ნახ. 3): ყველა სახეობის გამტარი სისტემა ყვავილის ყუნწში წარმოდგენილია მთლიანი ან წყვეტილი ცილინდრის სახით (ნახ. 3, a). კონების პირველი რგოლი, რომელიც გამოეყოფა ცენტრალურ ცილინდრს, ამარაგებს ჯამის ფოთლებს (ნახ. 3, b). ჯამი მთლიანია და შედგება 5 შეზრდილი ჯამის ფო-





ნახ. 1. *Viscaria viscosa* (Scop.) Aschers. კოლოფის ქვედა ნაწილის განივი ტრილი.  
 ნახ. 2. *Melandrium Boissieri* Schischk.-ის კოლოფის ქვედა ნაწილის განივი ტრილი.  
 ნახ. 3. *Melandrium Boissieri* Schischk.-ს კანივი ტრილები ყვავილის ყურწიდან ნასკვისაკენ.  
 ნახ. 4. *Melandrium Boissieri* Schischk.-ს კოლოფის დისტალური ნაწილის განივი ტრილი.  
 ნახ. 5. *Cucubalus baccifer* L-ის ყვავილის სივრთივი ტრილი.

A — ცენტრალური ცილინდრი, SM — ჯამის სეგმენტების მედიალური კონები, SL — ჯამის სეგმენტების ლატერალური კონები (კომისურები), P — გვირგვინის ფურცლების კონები, Sp — ჯამი, PSt — გვირგვინის ფურცლების პირდაპირი მტვრიანების კონები, SSt — ჯამის სეგმენტების პირდაპირ მტვრიანათა კონები, Pt — გვირგვინის ფურცლები, DC — ნაყოფის ფოთლების დორზალური კონები, MC — ნაყოფის ფოთლების მედიალური კონები, O — თესლავირტები, S — ტიხრები, C — ნასკვის კედლები, V (in) — ვენტრალური (ინვერტული) კონები.



თოლისაგან. თითოეული მათგანი ხასიათდება 3 კონით, მაგრამ გვერდითი კონები მეზობელი ჯამის ფოთლებისა წარმოიქმნება კომისურალურად (შერწყმული), ამიტომ ეს რგოლი 10 კონითაა წარმოდგენილი. 20 — 30 ძარღვიანი ჯამის მქონე სახეობებში კომისურები იყოფიან შემადგენელ ნაწილებად ან განშტოებებს იძლევიან.

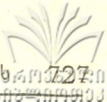
შემდგომი რგოლი კონებისა ამარაგებს გვირგვინის ფურცლებს (ნახ. 3, e). ჯამის კომისურალური და გვირგვინის ფურცლების კონები გაყოფილია ტრიზის წარმომადგენლებში ვასკულარული მუხლთშორისით. ტომსონის [14] მონაცემებით, მიხაკისებრთა ოჯახის შედარებით წინწასულ გვარებში შეიმჩნევა ამ რგოლების ნამდვილი შერწყმა. გვირგვინის ფურცლებში შემავალი თითოეული კონა სამად იყოფა. შემდგომი წრე კონებისა ამარაგებს მტვრიანებს (ნახ. 3, d). მტვრიანების კონების რგოლსა და ნაყოფის ფოთლებისაგან მიმავალი კონების რგოლს შორის ყველა სახეობაში წარმოდგენილია ვასკულარული მუხლთშორისი.

სამ ნაყოფისფოთლიან სახეობებში (*Silene italica* L. Pers., *Elisanthe noctiflora* L. Rupr., *Petrocoma Hoefftiana* (Fisch.) Rupr. და სხვ.) ცენტრალური ცილინდრი ჯამის, გვირგვინის ფურცლებისა და მტვრიანებისკენ კონების გაცემის შემდეგ ხდება სამწახნაგოვანი, ხოლო 5 ნაყოფისფოთლიან სახეობებში (*Melandrium Boissieri* Schischk., *Coronaria coriacea* (Monch.) Schischk. და სხვა) 5 — წახნაგოვანი. მათი წვეროებიდან გამოიყოფა 3 ან შესაბამისად 5 დორზალური კონა ნაყოფის ფოთლისა. თითოეული წახნავის აბაქსიალური ზედაპირიდან წარმოიქმნება ნაყოფის ფოთლების შერწყმული მედიალური კონები (ნახ. 3, e — f). დორზალურ და მედიალურ კონებს გარდა, დიდი ზომის კოლოფების მქონე სახეობებში წარმოდგენილია წვრილი კონებიც, რომლებიც მათი დატოტვის შედეგია. კონები, რომლებიც რჩება მედიალური კონების გამოყოფის შემდეგ, პლაცენტალურ მარაგს წარმოადგენს.

5 ნაყოფისფოთლიან სახეობებში პლაცენტალური ვასკულარული მარაგი წარმოდგენილია 5 — ქიმიანი ვარსკვლავის (ნახ. 3, g), ხოლო 3 ნაყოფისფოთლიან სახეობებში — 3 ქიმიანი ვარსკვლავის სახით, რომელთა სხივებიდან წარმოიქმნება თესლკვირტთა კონები. თესლკვირტები სხედან ცენტრალურ პლაცენტალურ სვეტზე ორ რიგად, დორზალური კონების პირდაპირ.

იმსის [8], პურის [13], მათიენკოს [1] და სხვათა მტკიცებით, ეს მსხვილი კონები, წარმოდგენილი ცენტრალურ პლაცენტალურ სვეტში, ორპაგია და ნაყოფის ფოთლების შეზრდილ ვენტრალურ კონებს წარმოადგენს, ხოლო ცენტრალური პლაცენტალური სვეტი ნაყოფის ფოთლების შემოხვეული კიდებისაგანაა წარმოქმნილი. ეს ავტორები თავის მოსაზრებას შემდეგი დებულებებით ასაბუთებენ: 1) ცენტრალურ პლაცენტალურ სვეტში წარმოდგენილი კონებიდან თესლკვირტებისკენ მიემართებიან ორად გაყოფილი კონები, 2) ისინი ნასკვის ზედა ნაწილში რადიალურად ორად იყოფიან, 3) მდებარეობენ შებრუნებით (ინვერტულად) ყვავილის ღერძისადმი. ჩვენ მიერ ეს მდგომარეობანი ნახულ იქნა *Melandrium Boissieri* Schischk., *Silene italica* L. (Pers.), *Charesia Akinfievii* (Schmalh.) E. Busch.-ის და სხვა პრეპარატებზე.





გარდა ამისა, *Melandrium Boissieri* Schischk.-ის კოლოფის დისტალურ ნაწილში ნათლად ჩანს, თუ როგორ შორდებიან ერთმანეთს ცენტრალურ სვეტად შერწყმული ნაყოფის ფოთლების შემოხვეული კიდები (ნახ. 4).

მაშ, ჩვენმა გამოკვლევებმა დაადასტურა, რომ მსხვილი გამტარი კონები, რომლებიც წარმოდგენილია პლაცენტალურ სვეტში, დორზალური კონების პირდაპირ ორმაგია და ნაყოფის ფოთლების შეზრდილ ვენტრალურ კონებს წარმოადგენენ, აქედან ნათელია, რომ ტრიბა *Lychnideae*-ს ცენტრალური სვეტი თუ მთლიანად არა, უმეტესად კარპელარული ქსოვილისაგან შედგება და წარმოიქმნება ნასკვის ცენტრში შემხვედრი ნაყოფის ფოთლების მოხრილი კიდებისაგან.

ცენტრალური პლაცენტის კარპელარული წარმოქმნა სხვა ობიექტების ონტოგენიისა და ვასკულარული ანატომიის შესწავლით დამტკიცებულ იქნა რიგ ავტორთა მიერ [1,6,7,12,13,14,15].

ცენტროსპერმებისა და, კერძოდ, მიხაკისებრთა ოჯახის პლაცენტის მორფოლოგიური ბუნების დადგენა ძნელდებოდა იმის გამო, რომ ცენტრალურ პლაცენტალურ სვეტში ინვერტულ კონებთან ერთად არსებობენ ნორმალურად განლაგებული კონებიც, რაც დამადასტურებელია ღეროს ქსოვილის ნაშთის არსებობისა (ნახ. 1—2).

სხვა სახეობებისათვის ღეროს ქსოვილის ნაშთის არსებობაზე ცენტრალურ პლაცენტალურ სვეტში მიუთითებდნენ სხვა ავტორებიც, [6,8,9,12,14,15]. მაგრამ თესლკვირტების წარმოქმნაში მათ არავითარ როლს არ ანიჭებდნენ. თუმცა „აქსიალური თეორიის“ მომხრენი ამ ფაქტს თავისი იდეების დამადასტურებლად იყენებდნენ.

ჩვენს გამოკვლევებზე დაყრდნობით აგრეთვე დასტურდება, რომ ღეროს ქსოვილი მონაწილეობას არ იღებს თესლკვირტების წარმოქმნაში. ამას ამტკიცებს ის გარემოება, რომ თესლკვირტები მას შემდეგაც სხედან ცენტრალურ პლაცენტალურ სვეტზე, როდესაც ღეროს ნაშთი მთლიანად ქრება (ნახ. 4). გარდა ამისა, ამაზე მიუთითებს თესლკვირტების ვასკულარული მარაგიც. თავისი მდებარეობის შესაბამისად პლაცენტები ვასკულარულ მარაგს იღებენ ნაყოფის ფოთლების მხოლოდ ვენტრალური კონებისაგან. თავისი ფუნქციის მიხედვით ვენტრალური კონები გაცილებით უკეთაა განვითარებული, ვიდრე ნაყოფის ფოთლების დორზალური კონები.

მაშასადამე, რომ ღერძული ქსოვილის ნაშთი მონაწილეობას არ იღებს თესლკვირტების წარმოქმნაში, კიდევ ერთხელ ადასტურებს ცენტრალური პლაცენტის კარპელარულ წარმოქმნას.

ვასკულარული ანატომია მიხაკისებრთა ოჯახის სხვადასხვა სახეობებში აღწერილი იყო სხვა მკვლევართა მიერაც [11,15], მაგრამ ისინი მხედველობაში არ იღებდნენ ანატომიის მნიშვნელობას ნათესაური კავშირების დადგენისათვის. ამ მხრივ გამონაკლისს შეადგენს ტომსონის ნაშრომი [14].

ჩვენ შევეცადეთ ყვავილის ვასკულარული ანატომიის შესწავლის საფუძველზე დაგვედგინა ტრიბა *Lychnideae*-ს შემადგენელი გვარების განვითარებაში ევოლუციის მიმართულება.



ტრიაზში შემავალ სახეობათა ყვავილის ანატომიური გამოკვლევა გვიჩვენებს ვასკულარული მუხლთშორისების შემკიდროების ტენდენციას, 5 ნაყოფისფოთლიანი სახეობებიდან—3 ნაყოფისფოთლიან სახეობებისაკენ. ამავე მიმართულებით მიმდინარეობს ღეროს ქსოვილის ნაშთის რედუქცია, რომელიც ზოგიერთ წინწასულ სახეობაში თითქმის გაქრობამდე მიდის (*Cucubalus baccifer* L. ნახ. 5). კანონზომიერადვე მიმდინარეობს პლაცენტალური სვეტის სიგრძის შემოკლება და პარალელურად თესლკვირტთა რაოდენობის შემცირება.

ეს ტენდენცია სავსებით ეფარდება ევოლუციის ერთ-ერთ კანონს—ეკონომიისკენ სწრაფვას.

ჩვენი დასკვნები დასტურდება საკვლევი ობიექტების მორფოლოგიის შესწავლით და კაროლოგიური მონაცემებით [5].

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ბოტანიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 23.2.1959)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Б. Т. Матиенко. Об анатомо-морфологической природе цветка и плода тыквенных. Морф. и анатомия раст. вып. IV. М.—Л., 1954.
2. И. В. Первухина. Стробильная теория происхождения цветка и ее критика. Морф. и анат. раст., вып IV, М.—Л., 1954.
3. М. И. Савченко. О природе плодолистика покрытосеменных растений, Морф. и анат. раст., вып. IV, М.—Л., 1954.
4. А. Л. Тахтаджян. Структурные типы гинцея и плацентация семезачатков. Изв. Арм. Филиала Академии Наук СССР, № 3—4 (17—18) 1942, 91—109.
5. Cl. Favarger, Recherches caryologiques sur la sous-famille des Silenoidées. Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft, v. 56, 1946.
6. J. Dickson. Studies in floral anatomy III. An interpretation of the gynoeium in the Primulaceae Amer. jour. Bot. 23, 1936, 385—393.
7. G. E. Douglas. Studies in the vascular anatomy of the Primulaceae. Amer. jour. Bot. 23, 1936, 199—212.
8. A. J. Eames. The vascular anatomy of the flouer with refutation of the theory of carpel polymorphism. Amer. jour. Bot. 18, 1931, 147—188.
9. Th. Eckardt. Nachweis der Blattbürgigkeit („phyllosporrie“) grundständiger Samenanlagen bei Centrospermen. Aus den Bot. Garten und Museum. Berlin—Dahlam, 1955.
10. K. Goebel. Organographie der Pflanzen. Part III, ed. 3. Jena, 1933.
11. M. A. Henslow. On the vascular sistem of floral organs, and their importans in the morphology of flauers. Jour. of the Linnean Society, vol. 28, 1891.
12. G. Lister. On the origin of the placentas in the tribe Alsineae of the order Caryophyllaceae. Jour. of Linnean Society. Botany. vol. XX, 1884, 423—429.
13. V. Puri. Placentation in Angiosperms. The Botanical Review. vol. XVIII, 9, 1952, 603—644.
14. B. Thommon. The floral morphology of the Caryophyllaceae. Am. jour. Bot. 29, 4. 1942, 333—349.
15. Van Tiegœm. Recherches sur la structure de pistil et l'anatomie comparée de la fleur. Mémuaires a l'académie des sciences. Paris, 1875.



## სვანეთის ბატრახო-ჰერპეტოლოგიური ფაუნისათვის

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ლ. დავითაშვილმა 18.12.1958)

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის ფაუნისტური ექსპედიცია სვანეთის მაღალმთიან ზონაში განხორციელებული იყო 1957 წლის ივლისში, აგვისტოსა და სექტემბერში. სვანეთის ფაუნისტური ექსპედიციის ძირითად ამოცანას შეადგენდა ცხოველთა უმნიშვნელოვანეს ჯგუფებზე ფაუნისტური მასალის შეგროვება მაღალმთიანი ზონის სვანეთის უბნის ფაუნის სახეობრივი შემადგენლობის გამოსარკვევად და აგრეთვე ფაუნის ცალკეული ელემენტების განაწილების გასარკვევად ამ უბანზე. გეგმის შესაბამისად უმთავრესი ყურადღება ექცეოდა ცხოველთა იმ ჯგუფებს, რომელთა მეცნიერული დამუშავება უზრუნველყოფილი იყო საკუთარ სპეციალისტ-სისტემატიკოსთა ძალებით.

ჯვლევის ხასიათისა და მეცნიერული სპეციალიზაციის მიხედვით ექსპედიციის მუშაობა წარმართებოდა სამი ძირითადი მიმართულებით: ენტომოლოგიური, მამალოგიური და პარაზიტოლოგიური.

რაც შეეხება ამფიბიებსა და ქვეწარმავლებს, ისინი მიეკუთვნენ იმ ცხოველთა ჯგუფს, რომელთაც არ ექცეოდა მთავარი ყურადღება. მაგრამ მიუხედავად ამისა, ამ ორ ჯგუფზე მოპოვებული მასალა მაინც გვაძლევს ერთგვარ წარმოდგენას საქართველოს ამ რაიონის ბატრახო-ჰერპეტოფაუნის სახეობრივი შემადგენლობის შესახებ.

მასალები ამფიბიებზე და ქვეწარმავლებზე მოპოვებულ იქნა დაბა ყორულდაშის, ჩაყაშის, ზესხოს და ცანას მდინარეებში.

ექსპედიციის შედეგად მოპოვებულ იქნა ამფიბიათა კლასის შემდეგი წარმომადგენლები:

1. *Rana macrocnemis* Boul.—მცირე აზიის ბაყაყი.

2. *Bufo viridis* Laur.—მწვანე გომბეშო.

ბაყაყები მოპოვებულია დ. ჩაყაშის, ზესხოს და ყორულდაშის მდინარეებში, როგორც წყალთან ახლო (მაგ., მდინარე ყორულდაშთან), ისე მისგან მოშორებით (მაგ., ცანისკენ მიმავალ გზაზე). გომბეშოები მოპოვებულია ძირითადად, დ. ყორულდაშის მდინარეებში, აგრეთვე ზესხოსა და უშგულის ახლომახლო, უმთავრესად, ქვების ქვეშ. ორივე ჯგუფის წარმომადგენლები მოპოვებულია დღისით.

რეპტილიების კლასი შემდეგი სახეობებითაა წარმოდგენილი: 1. *Vipera ursini renardi* Christ.—ველის გველგესლა. მოპოვებულია ერთი მდებრი დ. უშგულში თამარის ციხის ნანგრევებში.

როგორც ლიტერატურული მონაცემებიდანაა ცნობილი, ველის გველგესლა აქამდე არ იყო აღნიშნული სვანეთისათვის. პ. ტერენტევი და ს. ჩერნოვი [6] არ იძლევიან ზუსტ მითითებებს ამ სახეობის გავრცე-



ლების შესახებ საქართველოს ფარგლებში, ა. ჯანაშვილი და ლ. კუტუბიძე [7] *Vipera ursini renardi* Christ.-ს გავრცელების არეალში ახსენებენ მხოლოდ აღმოსავლეთ საქართველოს რაიონებს; ა. ნიკოლსკის [3] ცნობის შესაბამისად, „ამიერკავკასიის მხარეში ველის გველგესლა ნაპოვნია ჯერ-ჯერობით მხოლოდ აღმოსავლეთ ნაწილში“. იმავე აზრისაა ე. პავლოვსკიც [5]. ნ. ვერეშჩაგინის [1] აზრით, ეს გველი არ გვხვდება დასავლეთ ამიერკავკასიაში.

საინტერესოა ის ნიშნები, რაც ჩვენ ეგზემპლარს ასხეავენს იმ აღწერილობებისაგან, რომლებიც მოცემული აქვთ გ. ბულანჯეს [8], ა. ნიკოლსკის [3] და პ. ტერენტიევსა და ს. ჩერნოვს [6]: ღინგის კიდები არ აქვს აწეული; ზედა თვალისწინა ქერცლი არ ეხება უშუალოდ ცხვირის ფარს.

2. *Vipera kaznakovi* Nik.—კავკასიის გველგესლა. 2 მდედრი ნაპოვნია უშგულის რაიონში, შხარის ძირში, მდინარე ენგურის სათავის სამხრეთით. მოცემული ეგზემპლარების დამახასიათებელ ნიშანს შეადგენს მათი თითქმის სრული მელანიზმი, რაც, ს. ჩერნოვის [6] თქმით, ხშირ მოვლენას წარმოადგენს მოცემული სახეობის შემთხვევაში. გარდა ამისა, ა. ნიკოლსკისა და ს. ჩერნოვის [3,6] მიერ აღწერილ სახეობებისაგან ჩვენი ეგზემპლარები განირჩევიან მით, რომ მათი თავი არ არის ძალიან მკვეთრად გამიჯნული სხეულისაგან. საინტერესოა ისიც, რომ დარევესკის [2] მიერ სომხეთში ნაპოვნი *Vipera kaznakovi dinniki* Nik.-ს ეგზემპლარები განსხვავდებიან რა როგორც ნომინალური ფორმისაგან, ისე ჩვენი ეგზემპლარებისაგანაც ავტორის მიერ ძოყვანილი ყველა ნიშნით. ერთი საერთო ნიშნით ჰგვანან ჩვენს ეგზემპლარებს: კერძოდ მათ აქვთ ღინგის გაბრტყელებული ზედაგვერდითი კიდებები.

3. *Coronella austriaca* (Laurenti)—ჩვეულებრივი სპილენძა. ნაპოვნია მამრის ერთი ეგზემპლარი ყორულდაშიდან ცანისკენ მიმავალ გზაზე.

4. *Lacerta saxicola caucasica* Meh.—კავკასიის კლდის ხვლიკი. მოპოვებულია 100-ზე მეტი ეგზემპლარი ძირითადად ლენტეხის რაიონის სოფ. ყორულდაშის მიდამოებში, აგრეთვე სოფ. ზესხოს მიდამოებშიც. მასალა ნაპოვნი იყო ტყის მიდამოებში, ქერის ნათესებში და კლდეებზე როგორც მდინარე ყორულდაშის ხეობის გაყოლებით, აგრეთვე მყინვართან მომიჯნავე კლდეებზედაც. დაწვრილებითი მორფოლოგიური ანალიზის მოცემის გარეშე საინტერესოა აღინიშნოს ის დამახასიათებელი ნიშნები, რომლებიც ჩვენს ეგზემპლარებს ასხვავებენ ნიკოლსკის [4] მიერ მოცემულ აღწერალობისაგან: თავის სიმაღლე კეფასთან ყველა შემთხვევაში ორჯერ არ თავსდება მისივე სიგრძეში; უმეტეს შემთხვევაში უკანა ფეხები არ აღწევს წინა კიდურების ძირამდე; ყბათა-შორისი ფარი იშვიათ შემთხვევაში ეხება ცხვირშორის ფარს; პირველი ორი წამწამზედა ფარი არ არის ერთნაირი სიდიდის; ზედა თვალსუკანა ფარი ხშირად ტოლია ან უფრო ვიწროა თხემშორის ფარზე; სხეულის შუა ნაწილის ირგვლივ 32—34 ქერცლია. მუცლის ფარები განლაგებულია 19—26 განივ რიგად; ბარდაყის ფორების რიცხვი ზოგ შემთხვევაში აღწევს 19-მდე.

ამრიგად, სვანეთის მაღალმთიანო ფაუნისტური ექსპედიციის შედეგად მოპოვებულია ამფიბიების ორი და ქვეწარმავლების 4 სახეობა; აქედან რიცხობრივად ჭარბობს *Lacerta saxicola caucasica* Meh.

სახეობა *Vipera ursini renardi* Christ., რომელიც მოპოვებულია ექსპედიციის მიერ, სვანეთის ფაუნისათვის ახალ სახეობას წარმოადგენს.

*Vipera kaznakowi* Nik.-ს და *Lacerta saxicola caucasica* Meh.-ს გვზემბლარები ზოგიერთი ნიშნით განსხვავდებიან ნომინალური ფორმისაგან.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ზოოლოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 22.12.1958)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. К. Верещагин. Пресмыкающиеся—*Reptilia*. Животный мир СССР, 1958, стр. 275.
2. И. С. Даревский. Новый для фауны Армении вид ядовитой змеи. Известия Академии наук Арм. ССР, том IX, № 12, 1956.
3. А. М. Никольский. Пресмыкающиеся и земноводные Кавказа. 1913.
4. А. М. Никольский. Пресмыкающиеся, т. II. В серии „Фауна России и сопредельных стран“. Петроград, 1916.
5. Е. Н. Павловский. Ядовитые животные СССР. М.—Л., 1925.
6. П. В. Терентьев и С. А. Чернов. Определитель пресмыкающихся и земноводных СССР. Л., 1949.
7. ა. ჯანაშვილი, ლ. კუტუბიძე. ქვეწარმავლების სარკვევი. ი. სტალინის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი, 1952.
8. G. Boulenger. Cat. Snak. Brit. Mus., VI, 1896, p. 475.



. მ. მარაბელი

## პლაზმაში ჰაეროვან-მზრალი ფიბრინის რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 10.9.1958)

ფიბრინოგენის შედეგების პირობები განსაზღვრავს წარმოქმნილი ფიბრინის კლერტის ხასიათსა და თვისებას. ჯ. ფერისა და პ. მორისონის აზრით, განასხვავებენ კლერტის ორ სახეს: უხეშსა და ფაქიზს [5]. უხეში წარმოიქმნება მყავე გარემოში, ფაქიზი—ტუტეში; უხეში კლერტი გამოირჩევა იმით, რომ იგი მღვრიეა, შრატისა და იოლად გამოიწურება, ვაჭიმვისას საგრძნობ სემარტივეს იჩენს. ფაქიზი კლერტი ლაისიუბრი და გამჭვირვალეა, მას არ აქვს სწრაფი რეაქციის უნარი. შრატისა და იოლად გამოიწურება და ძალიან მყიფეა.

სადღესოდ დადგენილია, რომ კლერტის ელიპი დამოკიდებულია ცილოვან ნაწილაკთა თვისებაზე მათი პოლიმერიზაციის დროს. მაგალითად, ფაქიზ კლერტთა გამჭვირვალეობა მათი სტრუქტურული ერთეულების მცირე ზომით აიხსნება, მაშინ როცა მღვრიე, უხეში კლერტებში სტრუქტურული ერთეულები დიდი ზომისაა და, როგორც ჩანს, წარმოდგენილია ჯაჭვთა კონების სახით. გარემოს pH აწევით 6,3-დან ზევით მცირდება ცილოვან ნაწილაკთა კონებად შეერთების შესაძლებლობა მათი უარყოფითი მუხტის შემცირების გამო. წარმოიქმნება ფიბრინის უფრო გამჭვირვალე ბადე. ეს კარგად უთანხმდება იმ ფაქტს, რომ pH 8,5 დროს ფიბრინის კლერტის სტრუქტურული ძაფები უფრო მცირე საშუალო დიამეტრის მქონეა, ვიდრე pH 7,6—6,3 დროს [1]. ელექტრონულ მიკროსკოპში უხეში ტიპის კლერტებში შეიმჩნევა 20 და მეტი ჯაჭვისაგან შემდგარი კონები (ბოჭკოები დიამეტრით 200A).

ჯ. ფერიმ და მორისონმა აგრეთვე დაადგინეს, რომ ფაქიზი ელიპის კლერტების წარმოქმნას ხელს უწყობს ისეთი პირობები, როგორცაა ფიბრინოგენისა და თრომბინის კონცენტრაციის მომატება და გარემოს მაიონიზებული ძალის გაზრდა.

ე. სირმაის [2] მეთოდით ფიბრინის კლერტის მიღებისას პლაზმაში სისხლის შედეგების 1 ფაქტორის რაოდენობის გრავიმეტრიული განსაზღვრის მიზნით წარმოიქმნება კლერტები, რომლებიც ახლოსაა უხეშთა ტიპთან. ესინი უფრო მღვრიეა, უფრო ხშირად ეწებებიან სინჯარის კედლებს. ამასთანავე მათი ამოღება უდანაკარგოდ ხშირად ძნელდება, იოლად გამოიწურება შრატისა და იქცევა რა ამ დროს ბრკელ, ხასიათდება უფრო სწრაფი რეტრაქციითა და სიმტკიცით. გარეგანი შეხედულებით ფიბრინის რაოდენობაზე მსკვლობისათვის ისინი გამოუსადეგარნი არიან.

სხვა ავტორთა მეთოდით მიღებული ფიბრინის კლერტები [4,7] წარმოიქმნება ფაქიზ ტიპთა მიხედვით. ესაა გამჭვირვალე, ლაბისებრი მყიფე კლერტები, რომლებსაც არ გააჩნიათ სწრაფი რეტრაქციის უნარი და გვეჩვენებიან დიდად, მკვრივად და მძიმედ.

ჩვენ აქ არ შევუდგებით აღნიშნულ განსხვავებათა მიზეზების ახსნას, აღვნიშნავთ, რომ ამ ავტორთა მეთოდები განსხვავდება ე. სირმაის მე-



თოდისაგან რეკალციფიკაციამდე პლავშიმის განზავებით 20 — 30-ჯერ. ამგვარი გზით მიღებულ კლერტს მანიპულაციამდე უჭირავს ნარევის მთელი მოცულობა და სითხეს არ გამოყოფს.

დიდი, რელიეფური კლერტის გარეგანი სახე თავისთავად უკვე დამახასიათებელია და, მ. ს. ტეფანიონისა და ვ. დამეშჩიკის [6] თანახმად, კლერტი სრულებით არ წარმოიქმნება პლავშიაში ფიბრინოგენის არსებობისას, ხოლო ფიბრინოგენოპენიის დროს მხოლოდ ფიბრინის სუსტი ძაფები ჩნდება. მიღებულ კლერტებში ჰეოოვან-მშრალი ფიბრინის რაოდენობრივი განსაზღვრა არ მოუხდენიათ.

ფაქიზი ტიპის კლერტებში წარმოქმნილი ფიბრინის რაოდენობის გრავიმეტრული განსაზღვრა ორივე მეთოდის დადებით თვისებებს შეიცავს.

### მეთოდი

### რეაქტივები

1. 0,1მლ. მყუნ-მყავა ნატრიუმის ხსნარი (13,4 გ მარილი მოთავსებულ იქნეს საზომ სინჯარაში ერთ ლიტრაზე და აყვანილ იქნეს ნიშნულამდე გამოხდილი წყლით).
2. ქლორიანი კალციუმის 5 % ხსნარი. მარილი საჭიროა კრისტალურა, ხმარების წინ იგი უნდა გამოვაროთ. შეიძლება გამოშრობის გარეშე, ალიომეტრის გამოყენებით.
3. ქლორიანი ნატრიუმის 0,85 % ხსნარი.

### განსაზღვრის მსვლელობა

ოქსალატური პლავშიმის 1 მლ. (1:9) თანდათანობით უმატებენ 20—30 მლ სუფრის მარილის 0,85 %-იან ხსნარს და 0,1—0,3 მლ. ქლორიან კალციუმს და ერთი საათის განმავლობაში ტოვებენ ოთახის ტემპერატურაზე (პლავშიმის მოთავსებით თერმოსტატში 37° შედედება ჩქარდება). აღნიშნული დროის გავლის შემდეგ ხდება მიღებული შედეგის შეფასება. მკვრივი კლერტის წარმოქმნა, რომელიც სითხეს არ გამოყოფს, ფასდება როგორც + + + +, სითხის მცირე რაოდენობისას + + +, მცირე კლერტი, გამოყოფილი სითხის მნიშვნელოვანი რაოდენობით ++; მცირე, მაგრამ კარგად განსაზღვრული კლერტი —; +; შედეგების კვალი ძაფების სახით უარყოფით შედეგად უნდა ჩაითვალოს, ხოლო შედეგება ფიფქების სახით მიუთითებს, რომ ცდის ჩატარებაში დაშვებულ იქნა შეცდომა.

ნორმალურად ჩამოყალიბებული კლერტი ჭურჭლის ფორმას ღებულობს და ჩვეულებრივ ნარევის მთელ ან თითქმის მთელ მოცულობას იჭერს. შენჯღრევისას იგი კედლებს იოლად სცილდება, იკლებს რა ზომაში. იმავე ჭურჭელში ფრთხილად, ჭურჭლის კედლებზე ჩაყოლებით, ისხმება წყალი, კლერტი რამდენჯერმე ირეცხება და სითხე გამოიწურება. ამის შემდეგ იგი გადააქვთ მეორე ჭურჭელში, რომელშიც სპირტის მცირე რაოდენობაა. სპირტი იმდვრევა, ხოლო კლერტი ერთბაშად იკუმშება, ამასთანავე ზედაპირზე ფიბრინის თეთრი ძაფები წარმოიქმნება. სპირტში გარეცხვის შემდეგ კლერტი თავსდება ეთერში. კლერტი სინესტეს არ კარგავს მთლიანად და მხოლოდ მაშინ, როცა მას გადავიტანთ რამდენიმე ფენად დაკეცილ ფილტრის ქაღალდზე დაღებულ ნაჭერზე, იგი იქცევა აფსკად, ბრკედ. ბრკედ იოლად გუნდავდება მინას ჩხირით ან თითით. კლერტი გადააქვთ პეტრის ფინჯანზე და აშრობენ 100°-ზე



მულმივი წონის მიღებამდე. კლერტის მულმივი წონა შეიძლება უფრო დაბალ, თვით ოთახის ტემპერატურაზეც კი მივიღოთ, თუ მასზე, უკვე დაგუნდ-ეებულზე. განმეორებით ვიმოქმედებთ სპირტით, ეთერით და დავტოვებთ 24 საათს.

ჩვენ არ ვურჩევთ კალციუმის ნაცვლად თრომბინის გამოყენებას, რადგან ონიზებული კალციუმის გავლენით მიღებული კლერტები გაცილებით მეტი სიმტკიცით ხასიათდება და მუშაობაში მოსახერხებელია.

პლაზმაში ჰაეროვან-მშრალი ფიბრინის რაოდენობის განსაზღვრა ჩავეტარეთ 90 დონორს მუხადის სახელობის სისხლის გადასხმის ინსტიტუტიდან და სემაშკოს სახელობის IKB ბაზაზე. ყველა სინჯში მიღებულ იქნა რელიეფური, გამჭვირვალე კლერტი, რომელსაც ეკავა მთელი (++++) ან თითქმის მთელი (+++) ნარევის მოცულობა. ე. წ. ჰიპოფიბრინოგენემია და აფიბრინოგენემია გამოკვლეულ დონორებში არ აღმოჩენილა.

ჰაეროვან-მშრალი კლერტის საშუალო წონას ვამრავლებდით სისხლის ანტიკოაგულანტით განზავების ფაქტორზე განზავებული პლაზმის განუზავებელთან შეფარდებიდან, ჰემატოკრიტის ჩედეველობაში მიღებით [3].

თუ მივიღებთ, რომ ჯანსაღ ადამიანში ფორმირი ელემენტების დანალექი საშუალოდ 45 % შეადგენს, შეიძლება გამოითვალოს განზავების სტანდარტული ფაქტორი.

სისხლის რაოდენობა ანტიკოაგულანტით ყველა შემთხვევაში შეადგენდა 55 მლ. აქედან 0,5 ანტიკოაგულანტი, რომლიდანაც ფორმირი ელემენტების დანალექი დაახლოებით 2,25 მლ. შეადგენდა. აქედან განზავებული პლაზმა შეადგენს  $5 - 2,25 = 2,75$ , ხოლო განუზავებელი  $5 - (2,25 - 0,5) = 2,25$ ; ე. წ. განზავების ფაქტორი ტოლი იქნება  $2,75 : 2,25 = 1,2$ . ამ სტანდარტული რიცხვით ვსარგებლობთ იმ შემთხვევაში, როცა ჰემატოკრიტის მონაცემები ნორმის საზღვრებიდან არ გამოდიოდა.

კლერტის საშუალო წონა ჩვენი მონაცემებით 5,6 მგ უდრიდა. განზავების ფაქტორზე გადამრავლების შემდეგ მივიღებთ 6,7-ს.

მაშასადამე, დონორთა პლაზმაში ჰაეროვან-მშრალი ფიბრინის საშუალო რაოდენობა 6,7%-ს შეადგენს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა და  
ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი  
(რედაქციას მოუვიდა 10.9.1958)



კლინიკური მედიცინა

ნ. კალანდიაძე

## ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილების სტრუქტურული ცვლილებები ღვიძლის კიბოს დროს

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ვ. ჟღენტმა 25.8.1958)

ი. პავლოვის [5], ა. სპერანსკის [8] და მათი თანამშრომლების მიერ დადგენილია ნერვული სისტემის ფუნქციის მოშლის მნიშვნელობა სხვადასხვა პათოლოგიურ პროცესთა და დაავადებათა, მათ შორის სიმსივნეთა, აღმოცენებაში. სიმსივნეთა აღმოცენებასა და განვითარებაში ნერვული სისტემის როლის საკითხი მჭიდრო კავშირშია სიმსივნეების ინერვაციისა და სიმსივნური დაავადების დროს ნერვული სისტემის სტრუქტურის მდგომარეობის საკითხებთან. სადღეისოდ არ არის დადგენილი, შინაგანი ორგანოების, კერძოდ ღვიძლის, კიბოს დროს იმ სტრუქტურულ ცვლილებათა ხასიათი, რომლებიც ვითარდება ნერვული სისტემის უმდაბლესსა და უმაღლეს ნაწილებში.

შინაგანი ორგანოების, კერძოდ ღვიძლის, კიბოს დროს ნერვული სისტემის სტრუქტურის მდგომარეობის შესახებ ლიტერატურაში არსებული მონაცემები [1, 2, 3, 7, 9, 10] დაფუძნებულია ნერვული სისტემის მხოლოდ ზოგიერთი და ცალკეული ნაწილების შესწავლაზე. სხვადასხვა დაავადების, მათ შორის ღვიძლის კიბოს დროს ნერვული სისტემის სტრუქტურული ცვლილებების სრულყოფილი ცოდნისათვის კი საჭიროა ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილების პათომორფოლოგიური გამოკვლევის ფართო მასშტაბით ჩატარება.

ნერვული სისტემის გამოკვლევის მხოლოდ ე. წ. „ტოტალური“ მეთოდი მოგვცემს სრული და მთლიანი წარმოდგენის საშუალებას ღვიძლის კიბოს დროს ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილებში სტრუქტურულ ცვლილებათა ტოპოგრაფიულ განლაგება — გავრცელებაზე, მათი განვითარების კანონზომიერ თანამიმდევრობასა და რეფლექსური გზების სხვადასხვა რგოლების მორფოლოგიური დაზიანების ხასიათზე.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიზნად დავისახეთ ღვიძლის კიბოს დროს დაგვედგინა: 1) რა ხასიათის სტრუქტურული ცვლილებანი ვითარდება ნერვულ სისტემაში; 2) მის რომელ ნაწილშია უფრო მეტად გამოხატული ეს ცვლილებანი და 3) რა კავშირი არსებობს, ერთი მხრივ, ნერვული სისტემის სტრუქტურულ ცვლილებათა ხასიათსა და სიძლიერეს და, მეორე მხრივ, სიმსივნის თავისებურებებს შორის.

ღვიძლის კიბოს 10 შემთხვევაში ჩვენ მიერ შესწავლილია: სიმსივნური კვანძები, ორივე ცთომილი ნერვი და მათი კვანძოვანი განგლია, ორივე სიმპათიკური წველის გულ-მკერდის მე-3, მე-4, მე-5 კვანძები, გულ-მკერდის მარჯვენა და მარცხენა მე-3, მე-4, მე-5 მალთაშუა კვანძები, ზურგის ტვინის გულ-მკერდის მე-3, მე-4, მე-5 სეგმენტები, მოგრძო ტვინი, მარჯვენა და მარცხენა მხედველობის ბორცვები, თავის ტვინის ორივე დიდი ჰემისფეროს წინა და უკანა ცენტრალური ხვეულები.

მასალის მიკროპათომორფოლოგიური დამუშავებისათვის გამოყენებულია ნერვულ ელემენტთა შეღებვის სპეციალური — ბილმოვსკის, ბილმოვსკი-



გროს-ლავერენტევის, კამპოსის, ნისლის, შპილმეიერის მეთოდები, აგრეთვე ჩვეულებრივი მეთოდები: შეღებვა ჰემატოქსილინ-ეოზინითა და პიკროფუქსინით.

ღვიძლის კიბოს ჩვენ მიერ შესწავლილ შემთხვევებში სტრუქტურულ ცვლილებებს ადგილი აქვს ნერვული სისტემის ყველა ნაწილში.

კერძოდ, ცთომილ ნერვებში აღინიშნება ლერძცილინდრთა სიგრძეზე ვარიქსული შემსხვილებანი, დაკლაკვნა, ზოგჯერ ნეიროპლასმის ნაგუბარების არსებობა. ვაკუოლიზაცია, იშვიათად ფრაგმენტაცია. ამასთან ერთად ადგილი აქვს მიეღინის გარსის გაჯირჯეებას და იშვიათად დაშლას.

ცთომილი ნერვების კვანძოვან განგლიებში, სიმპათიკური წველის და მალთაშუა კვანძებში აღინიშნება ნერვულ უჯრედთა შესიება, ქრომატოლიზი, ვაკუოლიზაცია და ლიპოფუსცინით ჭარბი დაპიგმენტება. ზოგჯერ გვხვდება ნერვულ უჯრედთა ჰიპერქრომატოზი, შეჭმუხვნა და იშვიათად დაღუპვა სატელიტების გარშავლებითა და ნეირონოფაგიით (სურ. 1 და სურ. 2). ამასთან



სურ. 1. ორბირთვიანი ნერვული უჯრედის ჰიპერქრომატოზი გულ-მკერდის III მარჯვენა სიმპათიკურ კვანძში. მიკროფოტოგრაფია. გად. 300-ჯერ.

ერთად ადგილი აქვს ნერვულ უჯრედთა დენდრიტული მორჩების ბოლოებზე ბურთობისებრ შემსხვილებებს (სურ. 3), ლერძცილინდრთა ვარიქსულ შემსხვილებებს, დაკლაკვნას, იშვიათად ვაკუოლიზაციას. არაიშვიათად აღინიშნება მიეღინის გარსის გაჯირჯეება და იშვიათად დაშლა.

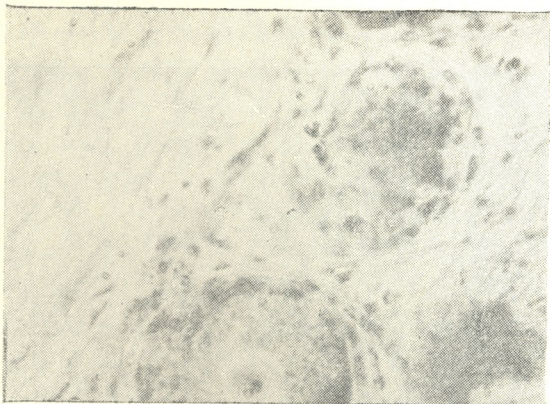
ზურგის ტვინში გვხვდება ნერვულ უჯრედთა ქრომატოლიზი, ვაკუოლიზაცია (სურ. 4) და ჰიპერქრომატოზი, იშვიათად მათი დაღუპვა ნეირონოფაგიით. ზურგის ტვინის უკანა და გვერდით რქებში უფრო მეტი სტრუქტურული ცვლილებანია, ვიდრე მის წინა რქებში.

მოგზოდ ტვინში ადგილი აქვს ნეირონთა ისეთივე ხასიათის მიკრომორფოლოგიურ ცვლილებებს, როგორსაც ზურგის ტვინის ნეირონებში. აქ მგრძობიარე ნერვების ბირთვებში უფრო ძვიმე ცვლილებანია, ვიდრე მამოდრავებელი ნერვების ბირთვებში. ცთომილი ნერვების უკანა ბირთვების ნეირონებში უფრო მეტი დაზიანება აღინიშნება, ვიდრე მათი წინა ბირთვების ნეირონებში (სურ. 5).

მხედველობის ბორცვებში ჩვენ მიერ ნანახია უფრო ნაკლები სტრუქტურული ცვლილებანი, ვიდრე ნერვული სისტემის ქვემდებარე ნაწილებში. აქ

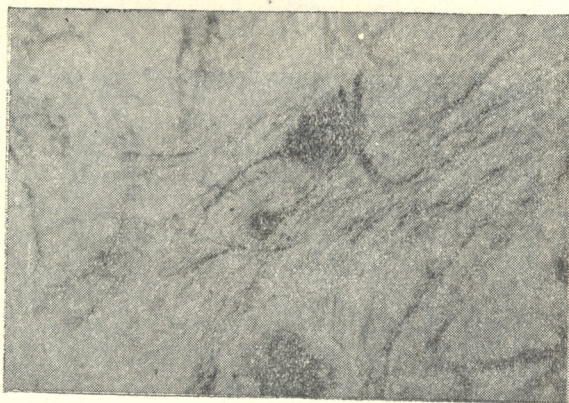


იშვიათად გვხვდება ნერვულ უჯრედთა ჰიპერქრომატოზი და შეჭმუხვნა, უფრო იშვიათად — ქრომატოლიზი და ვაკუოლიზაცია, განსაკუთრებით იშვიათად — დაღუპვა ნეირონოფაგიით.



სურ. 2. ნეირონოფაგია გულ-მკერდის IV მარჯვენა მალთაშუა კვანძში. მიკროფოტოგრაფია. გად. 300-ჯერ

თავის ტვინის დიდი ჰემისფეროების წინა და უკანა ცენტრალურ ხვეულებში მიკრომორფოლოგიური ცვლილებანი კიდევ უფრო იშვიათად გვხვდება. აქ ქერქის მე-2, მე-3 და მე-4, იშვიათად აგრეთვე დანარჩენ შრეებში აღინიშ-

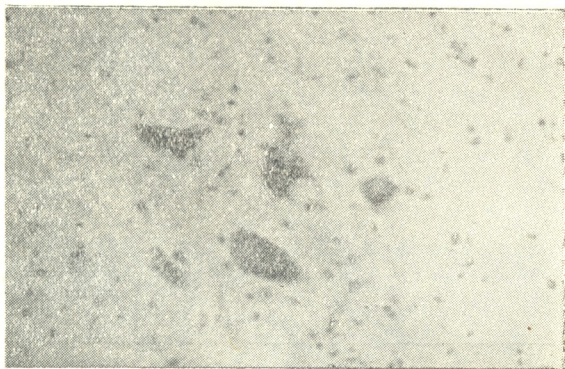


სურ. 3. ნერვული უჯრედის დენდრიტული მორჩის ბოლოზე ბურთობისებრი შემსხვილება გულ-მკერდის III მარცხენა სიმპათიკურ კვანძში. მიკროფოტოგრაფია. გად. 300-ჯერ

ნება ნერვულ უჯრედთა ჰიპერქრომატოზი და შეჭმუხვნა, არა ყველა შემთხვევაში — დაღუპვა ნეირონოფაგიით. უკანა ცენტრალურ ხვეულებში უფრო მძიმე ცვლილებანია, ვიდრე წინა ცენტრალურ ხვეულებში.



ნერვული სისტემების ზემოთ აღნიშნულ ნაწილებში ნერვულ ელემენტთა დასახელებულ ცვლილებებთან ერთად ამა თუ იმ ინტენსივობით გვხვდება წვრილი სისხლის მილების გაგანიერება, ჰიპერემია, პერივასკულური და პერიცელულური სივრცეების გაფართოება, მრგვალ- და ჰისტოციტურუჯრედოვანი ინფილტრატების კერების არსებობა და სხვ.



სურ. 4. ნერვული უჯრედის ვაკუოლიზაცია ზურგის ტვინის გულ-მკერდის III სეგმენტის მარჯვენა გვერდით რქაში. მიკროფოტოგრაფია. გად. 350-ჯერ

საკუთარი მასალის შესწავლისას შევამჩნიეთ, რომ ნერვული სისტემის სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმე და გავრცელება პირდაპირ პროპორციულ დამოკიდებულებაშია დაავადების ხანდაზმულობასთან. სიმსივნის დი-



სურ. 5. ნერვულ უჯრედთა ჰიპერქრომატიზმი ციომილი ნერვის მარჯვენა დორზულ ბირთვში. მიკროფოტოგრაფია. გად. 300-ჯერ

დი ხნით არსებობისას ორგანიზმის კომპენსაციის უნარი თანდათანობით ქვეითდება და, ბოლოს, სავსებით იღვევა, დგება სრული დეკომპენსაცია, ასე რომ





ღვიძლის კიბოს დროს ნერველ სისტემაში სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმისა და გავრცელების განმსაზღვრელ ძირითად ფაქტორებიდან ერთ-ერთი არის დროის ფაქტორი: რაც უფრო მეტი დროა გასული ავთვისებიანი სიმსივნის აღმოცენებიდან, ე. ი. რაც უფრო დიდი ხანდაზმულობისაა დაავადება, მით უფრო მეტი ცვლილებანია ნერველ სისტემაში და, პირიქით.

ღვიძლის კიბოს ჩვენ მიერ შესწავლილ შემთხვევებში ნერველი სისტემის სხვადასხვა ნაწილებში გვხვდება ნერველი ქსოვილის როგორც მწვავე, ისე ქრონიკული დაზიანების ფორმები. ეს უკანასკნელი უფრო ხშირად გვხვდება ღვიძლის კიბოს ხანდაზმულ შემთხვევებში.

ნერველი სისტემის სხვადასხვა ნაწილებში სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმე კლებულობს რეფლექსური რკალის აფერენტული რგოლებიდან ეფერენტულის მიმართულებით. ასე, მაგალითად, შედარებით მძიმე ცვლილებანია ცთომილ ნერვებში, მალთაშუა კვანძებში, ზურგის ტვინის უკანა რქებში. შედარებით ნაკლები ცვლილებანია ზურგის ტვინის გვერდით რქებსა და სიმპათიკურ კვანძებში.

ნერველ სისტემაში სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმის შემცირების შემოაღნიშნული თანამიმდევრობა იმიტაც მტკიცდება, რომ უფრო მეტ ცვლილებებს განიცდის მსხვილი ყალიბის მიეღინიანი ნერველი გამტარებლები (მგრძნობიარე ანუ აფერენტული). შედარებით მსუბუქს — საშუალო ყალიბის მიეღინიანი ნერველი გამტარებლები (ცენტრული ანუ პრეგანგლიური) და უფრო მსუბუქს — წვრილი ყალიბის მიეღინიანი და უმიეღინიო ნერველი გამტარებლები (პერიფერიული ანუ პოსტგანგლიური).

ნერველ სისტემაში სტრუქტურულ ცვლილებათა განვითარების გარკვეული შემოაღნიშნული თანამიმდევრობა იმიტაც მტკიცდება, რომ ნერველი სისტემის ერთსა და იმავე ნაწილებში მგრძნობიარე ნეირონები უფრო მეტად ზიანდება, ვიდრე მოტონეირონები.

ზურგის ტვინში უკანა რქების ნეირონებში უფრო მეტი ცვლილებანია, ვიდრე წინა რქების ნეირონებში. მოგრძო ტვინში ცთომილი ნერვების უკანა ბირთვების ნერველ უჯრედებში დაზიანება უფრო მეტად არის გამოხატული, ვიდრე წინა ბირთვების ნერველ უჯრედებში. თავის ტვინის უკანა ცენტრალური ხვეულების ნეირონებში უფრო მეტი ცვლილებანია, ვიდრე წინა ცენტრალური ხვეულების ნეირონებში. ცენტრალურ ხვეულებში უფრო მეტი დაზიანებაა ქერქის მე-2, მე-3 და მე-4 შრეების ნერველ უჯრედებში, ვიდრე დანარჩენი შრეების ნერველ უჯრედებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ღვიძლის კიბოს დროს სტრუქტურულ ცვლილებათა ინტენსივობა კლებულობს ნერველი სისტემის უმდაბლესი ნაწილებიდან უმაღლესის მიმართულებით. ასე, მაგალითად, ყველაზე მეტი ცვლილებანია ცთომილ ნერვებში, მათ კვანძოვან განგლიებსა და მალთაშუა კვანძებში. შემდეგ — ზურგის ტვინსა და მოგრძო ტვინში; უფრო მსუბუქი ცვლილებანია მხედველობის ბორცვებში და კიდევ უფრო მსუბუქი — თავის ტვინის დიდი ჰემისფეროების ქერქში.

ღვიძლის კიბოს დროს რეფლექსური გზების აფერენტულ და ეფერენტულ რგოლებში, ნერველი სისტემის უმდაბლესსა და უმაღლეს ნაწილებში სტრუქტურულ ცვლილებათა გავრცელების შემოაღნიშნული თანამიმდევრობა და ნერველი სისტემების ნეირონთა ანატომიურ-ფუნქციური კავშირი ლაპარაკობენ ამ ცვლილებათა განვითარების ნერველურეფლექსური ბუნების შესახებ.

ჩვენი მასალა არ გვაძლევს საშუალებას დავადგინოთ, ნერველ სისტემაში ჩვენ მიერ ნანახი სტრუქტურული ცვლილებანი წარმოადგენს პირველადს,



რომლებიც განაპირობებენ ღვიძლის კიბოს განვითარებას, თუ მეორადს, რომლებიც ვითარდება ამ უკანასკნელის შედეგად.

ი. პავლოვის სკოლის წარმომადგენელთა [6] მონაცემებიდან გამომდინარე, რომელთა მიხედვითაც ავთვისებიანი სიმსივნე შეიძლება განვითარდეს უმადლესი ნერვული მოქმედების, ნერვული სისტემის ტროფიკული ფუნქციის მოშლის შედეგად, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ღვიძლის კიბოს დროს ნერვულ სისტემაში განვითარებულ სტრუქტურულ ცვლილებათა ნაწილი წინ უსწრებს სიმსივნის აღმოცენებას. ცვლილებათა ნაწილი კი განპირობდება, უპირველეს ყოვლისა, სიმსივნით გამოწვეული აფერენტული გზების არაადეკვატური გაღიზიანებით, რომელიც შემდგომ ორმავდება გაღიზიანების ქრონიკული კერიდან — სიმსივნიდან — მიმავალი ჭარბი პათოლოგიური იმპულსაციით.

### დასკვნები

1. ღვიძლის კიბოს დროს რეაქტიული და დისტროფიული ცვლილებებით გამოხატული სტრუქტურული ძვრები აღინიშნება ნერვული სისტემის როგორც უმადლეს, ისე უმადლეს ნაწილებში, რეფლექსური გზების როგორც აფერენტულ, ისე ეფერენტულ რგოლებში.

2. ნერვული სისტემის სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმე და ხასიათი პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია დაავადების ხანდაზმულობასთან.

3. სტრუქტურული ცვლილებანი ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილებში სხვადასხვა სიძლიერითაა გამოხატული.

4. სტრუქტურულ ცვლილებათა სიძლიერე კლებულობს რეფლექსური რკალის აფერენტული გზებიდან ეფერენტულისკენ, ნერვული სისტემის უმადლესი ნაწილებიდან უმადლესის მიმართულებით.

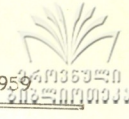
თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 25.8.1958)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. М. Александровская. Микроскопические изменения мозга при раковом истощении. Архив патологии, в. 3, 1949, стр. 70—78.
2. Е. И. Беляев. Морфологические изменения шеечно-вагинальных ганглиев при раке шейки матки. Акушерство и гинекология, № 6, 1946, стр. 42—46.
3. М. Л. Блоровский. К вопросу о гистопатологии периферической вегетативной нервной системы при туберкулезе и раке. Архив биологических наук, т. 33, в. 56, 1933, стр. 823—839.
4. Ю. М. Гришаева. Морфологические изменения нервной системы в желудке при раковом поражении его. XV научная сессия медицинского института. Тезисы докладов, Куйбышев, 1954.
5. И. П. Павлов. Протоколы научного совещания врачей Обуховской больницы, посвященного памяти проф. А. А. Нечаева. Врачебная газета, № 3, 1925, стр. 85.
6. М. К. Петрова. О роли функционально-ослабленной коры головного мозга в возникновении различных патологических процессов в организме. Ленинград, Медгиз, 1946.
7. С. Н. Савенко. Об изменениях нервной системы при внемозговом раке. „Роднянская медицина“ № 3, 1938, стр. 15—24.
8. А. Д. Сперанский. Об одном из механизмов возникновения и течения злокачественных новообразований. Труды IV сессии АМН СССР, 1948, стр. 168—174.
9. А. Т. Хазанов. Об изменениях вегетативной нервной системы при раке желудка. Архив патологической анатомии и патологической физиологии. в. 3, 1937, стр. 38—48.
10. Ц. Хайме. Раковая кахексия и межзачаточный мозг. Советская невропатология, психиатрия и психогигиена, в. 2—3, 1934, стр. 327—321.





ადამიანის ზოგადი გაზთაცვლის შემდარებითი შესწავლა „კლასიკური“ და „დოზირებადი სუნთქვის“ მეთოდით (წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა დ. გედევანიშვილმა 29.8.1958)

ცნობილია, რომ ადამიანის ზოგადი გაზთაცვლის განსაზღვრას დიდი მნიშვნელობა აქვს კლინიკური მედიცინისათვის, ამიტომ გასაგებია, რომ ზოგადი გაზთაცვლის განსაზღვრისათვის მოწოდებულია სხვადასხვა მეთოდი, თუმცა სრულყოფილად არც ერთი არ შეიძლება ჩაითვალოს [1]. დ. გედევანიშვილის [2,3] აზრით, მათ საერთო ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ გაზთაცვლის გამოკვლევა ხდება ფილტვების თავისუფალი ვენტილაციის პირობებში (როცა ადამიანი ნებისმიერად ცვლის როგორც სუნთქვის სიხშირეს, ისე მის სიღრმეს), რის გამოც განმეორებითი გამოკვლევებისას სუსტად თანხვედნილი რიცხვებს მიღება არ ხერხდება. სხვადასხვა ავტორთა მონაცემების მიხედვით მერყეობის საზღვრებია  $\pm 20$  [4],  $\pm 15$  [5],  $\pm 8$  [6].

ზემოთ აღნიშნული ნაკლი შეიძლება აცილებულ იქნეს ზოგადი გაზთაცვლის განსაზღვრით „დოზირებადი სუნთქვის“ მეთოდით, რომელიც მოწოდებულია 1937 წელს დ. გედევანიშვილის მიერ [2, 3]. აღნიშნული მეთოდის პრინციპს წარმოადგენს მიაწოდოს გამოსაკვლევ პირს თვითნებური ჩასუნთქვის წინასწარ გამოთვლილი ჰაერის ზუსტი მოცულობა, განსაზღვრული რიტმით. ამგვარად, გამოკვლევის მთელ მანძილზე ფილტვების ვენტილაცია უცვლელია.

უქანასკნელ წლებში „დოზირებადი სუნთქვის“ მეთოდს „კონტროლირებადი სუნთქვა“ დააოქვეს და ის ფართოდ გამოიყენება უცხოეთშიც [7,8,9,10]. საზღვარგარეთული ფორმების მიერ გამოშვებულია სუნთქვის სარეგულაციო სხვადასხვა კონსტრუქციის აპარატები.

დ. გედევანიშვილის სისტემის „დოზირებადი სუნთქვის აპარატი“ ამ მიზნისათვის განკუთვნილ პირველ ორიგინალურ აპარატს წარმოადგენს. გარდა ამისა, უცხოეთის აპარატებისაგან განსხვავებით, ის გამოიყენება არა მარტო სუნთქვის „კონტროლირებისათვის“, არამედ გაზთაცვლის განსაზღვრისათვისაც და გაზთაცვლის განსაზღვრის არსებულ მეთოდთა შორის ყველაზე ზუსტია. ამ მეთოდის გამოყენებით უკვე შესრულებულია შრომები, რომლებითაც შესწავლილია ფიზიოლოგიისა და პათოლოგიის ზოგიერთი მნიშვნელოვანი საკითხი [2, 3, 11, 12, 13, 14, 15].

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ადამიანებზე (რომელთა შორის იყვნენ როგორც პრაქტიკულად ჯანმრთელი პირები, ისე თირეოტიკოსიზმა და ჰიპოთირეოზით დაავადებულნი) ზოგადი გაზთაცვლა ორი მეთოდით: „კლასიკური“ დუგლას-პოლდენის მეთოდით და დ. გედევანიშვილის „დოზირებადი სუნთქვის“ მეთოდით. პარალელურად ორი მეთოდით ჩატარებულ გამოკვლევას უნდა დაედგინა, თუ რამდენად შეიძლება მიეწეროს ფიზიოლოგიურ ძვრებს ძირითადი ცვლის ის რყევადობა, რომელიც მცირე ინტერვალებში განმეორებით გაზომვისას აღინიშნება სხვადასხვა ავტორის მიერ, თუ ეს რყევადობა „კლასიკური“ მეთოდის არასიზუსტით აიხსნება. მეორე მხრივ, ამ გამოკვლევით გამოიკვლეოდა, ჭეშმარიტად რა ფარგლებში ცვალებადობს ძირითადი ცვლა დღითიდღე. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს საკითხი დ. გედევანიშვილისა და მისი თანამშრომლების შრომებში [3] წინათაც იყო განხილული, მაგრამ მცირე მასალაზე. წინამდებარე შრომა კი ამ მხრივ პირველია, სადაც ეს საკითხი გაშუქებულია შედარებით დიდ მასალაზე (გამოკვლევა ჩატარებულია სულ 50 პირზე).



ძირითადი ცვლის გამოკვლევა დუგლას-ჰოლდენის  
 მეთოდით

1. გამოკვლევათა შორის ინტერვალი—15 წუთი. ძირითადი ცვლის გამოკვლევა დუგლას-ჰოლდენის მეთოდით ჩავატარეთ 19—65 წლის ასაკის 40 პირზე. აქედან მამაკაცი იყო 8 და ქალი 32. სულ ჩატარებულა 500 ანალიზი. გამოკვლევას ვახდენდით დილით უზმოდ, საკვების უკანასკნელად მიღებიდან 14—16 საათის შემდეგ. პირველად ავადმყოფს ესინჯებოდა სხეულის  $t$ , პულსი, სუნთქვა, სისხლის წნევა, სიმაღლე, წონა; ვიწვრდით აგრეთვე ვარემოს  $t$  და ბარომეტრულ წნევას, რის შემდეგ გამოსაკვლევი პირი 30 წუთის განმავლობაში ისვენებდა რბილ სავარძელში, მისთვის მოხერხებულ ნახევრად მჯდომარე მდგომარეობაში. ნახევრად მჯდომარე მდგომარეობის უპირატესობა ძირითადი ცვლის გამოკვლევისას დადგენილია დელკურ-ბერნარდისა და მეიერის მიერ [16]. გამოკვლევის მთელ მანძილზე ავადმყოფის სუნთქვა ნებისმიერი იყო. ავადმყოფი სუნთქავდა ზოგჯერ ცხვირით (რეზინის ნახევარნიღაბით) და ზოგჯერ პირით (მუნდშტუკით). მუნდშტუკი (ან ნახევრადნიღაბი) დაკავშირებული იყო სასუნთქ ვენტილთან, რომელიც ელასტიკური სარქველების მეშვეობით, ერთმანეთისაგან ყოფდა შესუნთქულ და ამოსუნთქულ ჰაერს. ამოსუნთქული ჰაერი 10 წუთის განმავლობაში გროვდებოდა ტისოს სპირომეტრში. დ. გედევანიშვილის მოდიფიკაციით სპირომეტრს დამატებული აქვს სპეციალური მოწყობილობა, რომელიც გაზის საათის დანიშნულებას ასრულებდა და ამოსუნთქული ჰაერის მოცულობის ზუსტი გაზომვის საშუალებას იძლევა მთელი ცდის განმავლობაში, ე. ი. იზომება თვითეული ამოსუნთქვის სიდიდე, რასაც ის მნიშვნელობა აქვს, რომ შეგვიძლია თვალყურით ვადევნოთ, თუ რამდენად თანაბარია თვითეულ ამოსუნთქვათა ოდენობა. სპირომეტრიდან ჰაერის სინჯვებს რეზინის კამერებით ვიღებდით მათი წინასწარ რამდენჯერმე ამოსუნთქული ჰაერით „გამორეცხვის“ შემდეგ. ჰაერის ანალიზს ვაწარმოებდით ჰოლდენის აპარატში. ანალიზის მსვლელობისას ოთახის  $t$  მუდმივი იყო.

ჰოლდენის მეთოდით მიღებული ძირითადი ცვლისა და მისი მაჩვენებლების მონაცემები წარმოდგენილია 1 ცხრილში.

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, ძირითადი ცვლის განსაზღვრა ჩვეულებრივი მეთოდით (ე. ი. ნებისმიერი სუნთქვის პირობებში) ერთსა და იმავე პირზე, ორჯერადად, 15 წუთის ინტერვალით, გვაძლევს როგორც ძირითადი ცვლის მაჩვენებლების, ისე თვით თითოთადი ცვლის ცვალებად რიცხვებს.

ძირითადი ცვლის მერყეობას 1—5%-მდე ადგილი ჰქონდა 20 შემთხვევაში, —10%-მდე—10-ში, 11—15%-მდე—5-ში, 16—20%-მდე—ერთ და 21%-ზე მეტით—4 შემთხვევაში.

მერყეობის საზღვარია 1-დან 33%-მდე. ძნელი გადაწყვეტა, თუ როგორია, სინამდვილეში ავადმყოფის ძირითადი ცვლა, როცა ვიღებთ ისეთ განსხვავებულ რიცხვებს, როგორც არის, მაგალითად, 125% და 116%, 85% და 118%, 146% და 95%, 127% და 105%, 113% და 119% და ა. შ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ერთ ავადმყოფზე ჩვენ მივიღეთ ძირითადი ცვლის რიცხვების სრული დამთხვევა, ე. ი. როგორც პირველი, ისე მეორე გამოკვლევის დროს ძირითადი ცვლა იყო + 39%, ამასთან გამოკვლევის ორივე შემთხვევაში ვენტილაციაც თანაბარი იყო — 58,60 — 58,40 ლ. და ავადმყოფი მთელი 10 წუთის განმავლობაში სუნთქავდა თანასწორზომიერად, ე. ი. ორივე შემთხვევაში თანაბარი იყო როგორც სუნთქვის სიხშირე, ისე თვითეული ამოსუნთქვის დროს ჰაერის მოცულობა. ეს მეტად იშვიათი და შემთხვევითი მოვლენაა და აქ მოგვყავს იმის საილუსტრაციოდ, თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს თანაბარ სუნთქვას და ვენტილაციის მუდმივობას ძირითადი ცვლის უცვლელი რიცხვების მისაღებად.



ცხრილი 1

ძირითადი ცვლის გამოკვლევა დუგლას-ჰოლდენის მეთოდით (ინტერვალი I და II გამოკვლე-  
ვას შორის 15 წუთი)

№№ რიგზე	გვარი, სახე- წი. მამის სახელი	ასაკი	სქესი	გამოკვლევათა რიგი	ვენტილაცია ლიტ- რობით I წუთში	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	სუნთქვითი კოეფი- ციენტი	სხვაობა I და II გამოკვლ. სუნთქვით კოეფიციენტს შო- რის %-ით	ძირითადი ცვლა %-ით	ძირითადი ცვლა, სხვაობა I და II გამოკვლ. შორის
1.	გ. ი. ბ.	46	ღ.	I II	4,70 4,60	3,60 3,50	5,16 4,68	0,69 0,74	7	108 97	11
2.	ს. ვ. ვ.	47	ღ.	I II	5,88 5,74	2,97 2,97	4,18 3,93	0,71 0,77	8	125 116	9
3.	ბ. რ. მ.	27	ღ.	I II	4,17 5,49	3,07 3,47	4,04 4,19	0,75 0,83	10	85 118	33
4.	ბ. ნ. კ.	60	ღ.	I II	9,30 8,50	2,72 2,67	4,07 3,76	0,66 0,71	7	160 139	21
5.	ვ. თ. ნ.	32	ღ.	I II	6,76 6,04	3,67 3,67	4,76 4,76	0,77 0,77	0	165 148	17

შენიშვნა: მე-10 გრაფაში მოცემულია სხვაობა პირველად და მეორედ გამოკვლეულ სუნთქვითი კოეფიციენტებს შორის. ამასთან, პირველად გამოკვლეული სუნთქვის კოეფიციენტი მიღებულია 100 პროცენტად.

როგორც ცნობილია, სუნთქვითი კოეფიციენტის მაჩვენებელი რიცხვებს მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ ორგანიზმში მიმდინარე ნივთიერებათა ცვლის თვისობრივ მხარეზე (ცხიმებისა და ნახშირწყლების ცვლაზე). მაგალითად, თუ სუნთქვის კოეფიციენტი უდრის 0,7-ს, შეიძლება ვთქვათ, რომ იწვევს ცხიმები, თუ — 1,0%-ს — ნახშირწყლები. გარდამავალი რიცხვები მიუთითებს ორივე ნივთიერების ხარჯვაზე ამა თუ იმ პროპორციით.

ძირითადი ცვლის დუგლას-ჰოლდენის მეთოდით განსაზღვრისას ვიღებთ სუნთქვითი კოეფიციენტის უაღრესად ცვალებად რიცხვებს. სხვაობა ზოგჯერ 25%-საც კი აღწევს, მაგალითად, 0,67 და 0,44. ასეთ შემთხვევაში ძნელია გასწავლება, თუ რა ნივთიერებების წვის ხარჯზე ხდება ენერჯის წარმოქმნა გამოკვლეულ ორგანიზმში.

2. პირველ და მეორე გამოკვლევას შორის ინტერვალი იყო 24 საათი და მეტი. ძირითადი ცვლის გამოკვლევა ჰოლდენის მეთოდით, ორჯერადად, 24 საათის (და მეტი) ინტერვალით. გამოკვლევა ჩატარდა 21 პირზე. სულ ჩატარებულია 240 ანალიზი.

გამოკვლევის მეთოდი ისეთივე იყო, როგორც ზემოთ აღვწერეთ, მხოლოდ ინტერვალი გამოკვლევათა შორის 15 წუთის ნაცვლად 24 საათს შეადგენდა.

ჰოლდენის მეთოდით ძირითადი ცვლის ორჯერადი გამოკვლევების მონაცემები, 24 საათის ინტერვალთ, ხაზგენებია მე-2 ცხრილში.

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ძირითადი ცვლის მერყეობას 0,55%-მდე აღდგოლი ჰქონდა 10 შემთხვევაში, 6—10%-მდე—5-ში, 11—15%-მდე—2-ში, 16—20%-მდე—3-ში, 21%-ზე ზევით—2-ში, მერყეობის საზღვარია 0,5—29%-მდე.

გამოკვლევების ასეთ პირობებში მიღებული ძირითადი ცვლის ცვალებადი რიცხვების მიხედვით შეუძლებელია დადგენა ძირითადი ცვლის ფიზიოლოგიური, ყოველდღიური მერყეობის ნამდვილი სურათისა, რადგან ასეთსავე ცვა-





ლებად რიცხვებს ვიღებდით განმეორებითი გასინჯვისას, როდესაც ინტერვალი მათ შორის 15 წუთი იყო.

ძირითადი ცვლის გამოკვლევა დუგლას-ჰოლდენის მეთოდით (ინტერვალი I და II გამოკვლევა შორის 24 საათი და მეტიც) ცხრილი 2

№№ რიგზე	გვარი, სახელი, მამის სახელი	ასაკი	სქესი	გამოკვლევათა რიგი	ვეტერლარია ლიტონით I წუთში	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	სუნთქვითი კოეფიციენტი	სხვაობა I და II გამოკვლ. სუნთქვ. კოეფიცი. შორის %-ით	ძირითადი ცვლა %-ით	ძირითადი ცვლა, სხვაობა I და II გამოკვ. შორის
1.	ჩ. უ. დ.	30	კ	I II	6,64 6,72	3,10 3,10	4,35 4,66	0,71 0,66	7	132 135	3
2.	ა. ნ. დ.	30	კ	I II	6,65 5,88	2,87 3,07	4,09 3,91	0,70 0,78	11	124 108	16
3.	ბ. თ. კ.	25	კ	I II	5,71 5,53	4,00 3,50	5,06 4,68	0,79 0,74	6	121 107	14
4.	ა. ლ. ვ.	25	კ	I II	5,84 8,34	3,10 3,10	4,92 4,16	0,63 0,74	16	128 157	29
5.	პ. ა. ა.	40	კ	I II	5,50 4,21	3,20 3,20	4,26 4,89	0,75 0,65	14	118 101	7

როგორც ცხრილიდან ჩანს, აქაც სუნთქვის კოეფიციენტის მეტად ცვალებადი რიცხვები მივიღეთ. სხვაობა ზოგჯერ 21%-საც კი აღწევს. ასეთ პირობებში, რასაკვირველია, ძნელია ზუსტად დადგინდეს ნივთიერებათა ცვლის თვალსაზრისით მხარე.

ძირითადი ცვლის გამოკვლევა დ. გედევანიშვილის „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით

1. ინტერვალი გამოკვლევათა შორის — 15 ან 30 წუთი. ძირითადი ცვლის გამოკვლევა „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით ჩვენ ჩავატარეთ იმავე პირობებში, რომლებიც გამოკვლეულ იქნენ დუგლას-ჰოლდენის მეთოდით. სულ ჩატარებულია 708 ანალიზი.

„დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით გამოკვლევის დაწყებამდე საჭიროა გამოსაკვლევი პირისათვის მისაწოდებელი ჰაერის რაოდენობის გამოთვლა და ზღუდის ცხრილების მიხედვით. ამ დროს მხედველობაში მიიღება ავადმყოფის სქესი, ასაკი, სხეულის ზედაპირი (სიმაღლისა და წონის მიხედვით).

ძირითადი ცვლის გამოკვლევა „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით ხდებოდა დილით, უზმოდ, 14—18 საათის შემდეგ უკანასკნელად საკვების მიღებიდან. ავადმყოფს პირველად ესინჯებოდა სხეულის ტემპერატურა, პულსი, სუნთქვა, სისხლის წნევა, წონა, სიმაღლე. იზომებოდა გარემოთა ტემპერატურა და ბარომეტრული წნევა. შემდეგ გამოკვლევის დაწყებამდე 1/2 საათის განმავლობაში ავადმყოფი ისვენებდა რბილ სავარძელში, ხახვრად მჯდომარე მდგომარეობაში. ავადმყოფი სუნთქავდა ცხვირით (რეზინის ნახევრადნიღაბით) ან პირით (მუნდშტუკით). ნიღაბი დაკავშირებული იყო სასუნთქ ვენტლითან. ხოლო ვენტლი, გოფირებული მილებით—„დოზირებული სუნთქვის“ აპარატთან, რომელიც ავადმყოფს აწვდიდა მისთვის საჭირო ჰაერის რაოდენობას გარკვეული რიტმით. ამოსუნთქული ჰაერი, რომლის რაოდენობა აგრეთვე იზომებოდა „დოზირებულ სუნთქვის“ აპარატით, გროვდებოდა, ტისოს სპირომეტრში 1

წუთის განმავლობაში. ამოსუნთქული ჰაერის ანალიზს ვაწარმოებდით ჰოლდე-  
ნის აპარატით. ანალიზის მსვლელობისას ოთახის ტემპერატურა მუდმივი იყო.

გამოანგარიშების მაგალითი:

ასაკი—39 წ., წონა—5,1 კგ,	} სხეულის ზედაპირი
სქესი—დედრობითი, სიმაღლე—155 სმ.	
5302 ძირითადი ცვლა 1 მ <sup>2</sup> სხეულის ზედაპირზე 1 საათში.	
+ 1703 სხეულის ზედაპირი—1.480 მ <sup>2</sup> .	
— 7005 სუბიექტის ძირითადი ცვლა.	
4650 სუნთქვითი კოეფიციენტი 0,85 (ლოგარითმი შეიცავს გადასვლას 1 საათიდან 1 წუთზე).	
2355	
— 5441 მოხმარებული O <sub>2</sub> პროცენტობით.	
6914	
9722 გადაყვანა ოთახის ტემპერატურის მიხედვით.	
7192	
— 9795 წნევის არსებული პირობების მხედველობაში მიღება.	
7397— ანტილოგარითმი 5,492 მლ 1 წუთში შესასუნთქი ჰაერის რაოდენ- ობა.	

54.92	15
45	365 მლ თითოეულ შესუნთქვაზე მისაღები ჰაერის რაოდენობა
99	
90	
92	
90	

გამოკვლევით მიღებული მონაცემები ნაჩვენებია მე-3 ცხრილში.  
როგორც აღნიშნული ცხრილიდან ჩანს, გამოკვლევის ყველა შემთხვევაში  
ძირითადი ცვლის მაჩვენებლებისა და თვით ძირითადი ცვლის რიცხვების სრულ-  
ლი დამთხვევა მივიღეთ. ამგვარად, მერყეობა 0-ს უდრის.

ორჯერადი გამოკვლევისას 1/2 საათის მანძილზე „დოზირებული სუნთქ-  
ვის“ მეთოდით მიღებული ძირითადი ცვლის ზუსტი რიცხვების დიდი თეორიულ-  
ლი და პრაქტიკული მნიშვნელობა ნათელია, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ  
მუდმივი ვენტილაციის ასეთ პირობებში საშუალება გვექნება დავადგინოთ ძი-  
რითადი ცვლის მცირედ გამოხატული ძვრები როგორც ფიზიოლოგიური, ისე  
პათოლოგიური ხასიათისა.

გარდა ამისა, როგორც ცხრილიდან ჩანს, აღნიშნული მეთოდით ძირითადი  
ცვლის გამოკვლევისას სუნთქვითი კოეფიციენტის მაჩვენებელი რიცხვების  
ზუსტ დამთხვევას ვიღებთ. განსხვავება აქაც 0-ს უდრის; ეს კი საშუალებას  
გვაძლევს ზუსტი წარმოდგენა ვიქონიოთ ძირითადი ცვლის თვისობრივ მხარე-  
ზე. ამ მიმართულებით აღნიშნული საკითხის შესწავლა დიდ დახმარებას გაგვი-  
წევს ნივთიერებათა ცვლის ჯერ კიდევ გაურკვეველი ოიგი საკითხების ზუსტ  
დაადგენაში.

ბ) გამოკვლევათა შორის ინტერვალი — 24 საათი და მეტიც. ძირითადი  
ცვლის გამოკვლევა „დოზირებული სუნთქვის მეთოდით 2 -ჯერადად, 24 საათის  
ინტერვალთ, ჩატარდა 24 გამოსაკვლევ პირზე (სულ ჩატარდა 320 ანალიზი).

გამოკვლევის მეთოდი ისეთივე იყო, როგორც აღწერილია წინა თავში,  
მხოლოდ ინტერვალი გამოკვლევათა შორის ხაცვლად 1/2 საათისა, 24 საათი იყო  
(და მეტიც). 24 საათის მანძილზე განმეორებით ჩატარებულ გამოკვლევათა მო-





ცხრილი 3

ძირითადი ცვლის გამოკვლევა „დოზირებული სუნთქვის“ დ. გედევანიშვილის მეთოდით (ინტერვალი I და II გამოკვლევას შორის 30 წუთი)

№№ რიგზე	გვარი, სახელი, მამის სახელი	ასაკი	სქესი	გამოკვლევათა რიგი	ვენტილაცია ლიტრებით I წუთში	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	სუნთქვითი კოეფიციენტი	სხვაობა I და II გამოკვლ. სუნთქვის კოეფიცი. შორის 1/10-ით	ძირითადი ცვლა % -ით	ძირითად ცვლათა სხვაობა I და II გამოკვლ. შორის
1.	ს. ვ. ვ.	47	დ.	I	5,40	3,37	4,84	0,69	0	130	0
				II	5,40	3,37	4,84	0,69		130	
2.	ბ. ნ. ზ.	39	დ.	I	5,55	3,97	5,70	0,69	0	153	0
				II	5,55	3,97	5,70	0,69		153	
3.	ა. ნ. დ.	30	დ.	I	5,85	3,17	4,39	0,72	0	118	0
				II	5,85	3,17	4,39	0,72		118	
4.	ბ. ვ. ა.	31	დ.	I	7,80	4,42	5,89	0,75	0	158	0
				II	7,80	4,42	5,89	0,75		158	
5.	ბ. რ. მ.	27	დ.	I	5,40	3,07	3,79	0,81	0	105	0
				II	5,40	3,07	3,79	0,81		105	

ნაცემები ნაჩვენებია მე-4 ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ 24 საათის მანძილზე ძირითადი ცვლა მერყეობას განიცდიდა. მერყეობის საზღვარი იყო 1—16 %; აქედან:

1—5% მერყეობას ადგილი ჰქონდა 11 შემთხვევაში.

6—10% " " " 8 "

11—16% " " " 5 "

მაგრამ ამა თუ იმ დღეს განმეორებით გამოიღო ძირითადი ცვლა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, სრულ თანდამთხვევას იძლეოდა (განსხვავება 0-ს უდრიდა). ამგვარად, 24 საათის განმავლობაში ორჯერადი გასინჯვით მიღებული მერყეობა ძირითადი ცვლისა ფიზიოლოგიური მერყეობაა.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ ჩვენი ავადმყოფები არ იმყოფებოდნენ გამოკვლევის ისეთ პირობებში, როდესაც გარეგან ფაქტორთა ზეგავლენა დაყვანილია მინიმუმამდე ე. ი. გამოკვლევით გასოკვლევაში ისინი საავადმყოფოს თუ ოჯახის ჩვეულებრივი გარემოცვის პირობებში იყვნენ.

ასევე სუნთქვის კოეფიციენტის მაჩვენებელი რიცხვის მერყეობაც (0—16%) „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით გამოკვლევისას, ნივთიერებათა ცვლის თვისობრივი მხარის კუთხითი ცვლილებების გამოხატულებაა, ვინაიდან 15 წუთი ან ინტერვალთა ჩატარებული ორჯერადი გამოკვლევისას აღნიშნული მაჩვენებლის ზუსტი დამთხვევა მივიღეთ (განსხვავება 0).

შეიძლება დაისვას კითხვა: თუ 24 საათის მანძილზე ხდება ძირითადი ცვლის ცვალებადობა, რატომ არ ვლინდება ის 15—30 წუთის მანძილზე 2-ჯერადად ჩატარებულ გამოკვლევისას? ეს გასაგები გახდება, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ძირითადი ცვლის შეცვლა დღე-ღამის განმავლობაში ხდება აანდათანობით, ხოლო თუ ჩვენ მიერ მიღებულ ძირითადი ცვლის მერყეობის რიცხვებს თანაბრად გავანაწილებთ 48-ჯერ აღებულ 30 წუთზე (რაც შეადგენს 1 დღე-ღამეს), მაქსიმალურად 0,3% შივილებთ, ეს კი იმდენად მცირე რიცხვია, რომლის განსაზღვრა არსებული მეთოდებით ჯერჯერობით შეუძლებელია.



ცხრილი 4

ძირითადი ცვლის გამოკვლევა „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით (ინტერვალი I და II გამოკვლევას შორის 24 საათი და მეტი)

№№ რიგზე	გვარი, სახელი, მამის სახელი	ასაკი	სქესი	გამოკვლევათა რიგი	ვენტილაცია ლიტრებით 1 წუთში	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	სუნთქვითი კოეფიციენტი	სხვაობა I და II გამოკვლ. სუნთქ. კოეფიც. შორის %-ით	ძირითადი ცვლა %-ით	ძირითადი ცვლა, სხვაობა I და II გამოკვლ. შორის
1.	ბ. ნ. ზ.	39	დ.	I	5,70	3,57	5,42	0,65	16	143	16
				II	5,70	3,57	4,66	0,76			
2.	ჩ. ყ. დ.	30	დ.	I	6,00	3,10	4,49	0,64	6	131	4
				II	6,00	3,40	4,96	0,68			
3.	ბ. ვ. ა.	31	მ	I	7,80	4,42	5,89	0,75	2	158	6
				II	7,80	4,57	6,17	0,74			
4.	ტ. ს. ო.	51	დ.	I	5,25	3,47	5,19	0,66	1	137	4
				II	5,25	3,57	5,29	0,67			
5.	ა. ნ. გ.	32	დ.	I	5,85	3,77	5,87	0,64	4	153	4
				II	5,85	3,67	5,89	0,62			

დასკვნები

განმრთელ და ავადმყოფ პირთა ძირითადი ცვლის გამოკვლევებისას, გაზთაცვლის განსაზღვრის არსებული მეთოდებიდან ყველაზე უფრო ზუსტი პოლდენის მეთოდით ვიღებთ ძირითადი ცვლის მაჩვენებლების (ვენტილაცია, მოხმარებული O<sub>2</sub>-სა და გამოყოფილ CO<sub>2</sub>%, სუნთქვითი კოეფიციენტი) საგრძნობლად ცვალებად რიცხვებს, რაც ვლინდება განმეორებით (15 წუთის შემდეგ) ჩატარებული გამოკვლევების დროს. ამის გამო ძლიერ იცვლება თვით ძირითადი ცვლის გამოხატველი რიცხვებიც; სხვაობა 1—33%-მდეა. ამიტომ ჩვეულებრივი (კლინიკაში მიღებული) მეთოდებით შეუძლებელია დადგინდეს ნამდვილი სიდიდე ძირითადი ცვლისა ± 15% მეტი სიზუსტით. ასევე შეუძლებელია სუნთქვითი კოეფიციენტის ზუსტი რიცხვების მიღება, ვინაიდან ამ კოეფიციენტის რყევადობა 25%-ს აღწევს. მაშასადამე, არ შეიძლება სწორი წარმოდგენა გვექონდეს ნივთიერებათა ცვლის თვისობრივ მხარეზე (ცხიმებისა და ნახშირწყლების ცვლაზე).

ამავე მეთოდით ძირითადი ცვლის განმეორებით გასინჯვისას 24 საათის შემდეგ აგრეთვე ადგილი აქვს როგორც ძირითადი ცვლის მაჩვენებლების, ისე ცხიმოვანი ძირითადი ცვლის საგრძნობ რყევას (სხვაობა 0,5—29%-მდე). ვინაიდან ძირითადი ცვლის რყევადობა ასეთსავე დიდ ფარგლებში აღინიშნება ერთსა და ინავე დღეს ჩატარებული განმეორებითი გამოკვლევებისას, ისიც დროის მცირე ინტერვალებში (15 წუთი), ამიტომ შეუძლებელია ვიჭინოთ წარმოდგენა ძირითადი ცვლის ყოველდღიური რყევადობის ჰემმარიტი ფარგლების შესახებ.

24-საათიანი ინტერვალით ჩატარებული გამოკვლევების დროს ასევე საკმაოდ დიდ ფარგლებში ირყევა სუნთქვითი კოეფიციენტის სიდიდე, ამიტომ შეუძლებელია დადგენა ნივთიერებათა ცვლის თვისობრივი მხარის ფიზიოლოგიური მერყეობისაც.

განმრთელ და ავადმყოფ პირთა ძირითადი ცვლის დ. გედევანიშვილის „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით გამოკვლევებისას დიდ მასალაზე (40 პირი) დადასტურდა, რომ ძირითადი ცვლის მაჩვენებლები (მოხმარებული O<sub>2</sub>-ისა და გამოყოფილი CO<sub>2</sub>%, სუნთქვითი კოეფიციენტი) ორჯერადი გამოკვლევებისას



1/2 საათის ინტერვალით ზუსტად ემთხვევა ერთმანეთს (განსხვავება 0-ს უდრის) და, მაშასადამე, ძირითადი ცვლაც ზუსტად თანხვედება ერთმანეთს. ამიტომ გამოკვლევით მიღებული მონაცემები შეიძლება აბსოლუტურად სწორად და ძირითადი ცვლის მდგომარეობის ზუსტ გამომხატველად ჩაითვალოს.

ამავე მეთოდით განმეორებით 24 საათის შემდეგ გამოკვლევისას აღინიშნება ძირითადი ცვლის ცვალებადობა (1—16%), რაც ჭეშმარიტი მაჩვენებელია ძირითადი ცვლის ყოველდღიური ცვალებადობისა. აგრეთვე სუნთქვის კოეფიციენტის ყოველდღიური რყევა ჭეშმარიტად ასახავს ცხიმებისა და ნახშირწყლების ცვლის ხამდვილ მდგომარეობას, ვინაიდან „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით მიღებული რიცხვები აბსოლუტურად ზუსტია (იხ. ზემოთ). თანდათანობით განვითარების გამო ეს რყევადობა არ ვლინდება 15 და 30 წუთის მანძილზე ჩატარებულ გამოკვლევებში. ამრიგად, დიდ მასალაზე (40 გამოკვლეული პირი) დადასტურდა, რომ ძირითადი ცვლის, სუნთქვითი კოეფიციენტისა და გარეგანი სუნთქვის სხვა მაჩვენებლების ზუსტი შესწავლის შესაძლებლობას კლინიკისა და ექსპერიმენტის პირობებში მხოლოდ „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდი იძლევა, რომელიც ფართოდ უნდა დაინერგოს მედიცინაში.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 29.8.1958)

**დამოწმებული ლიტერატურა**

1. Е. М. Беркович. Современные методы определения энергетических затрат человека и животных. Успехи совр. биол., т. XLV, вып. 1, 1958, стр. 46—64.
2. Д. М. Гедеванишвили. (Гедевანი). О принципах измерения основного обмена и его сдвигов при различных физиологических состояниях. Сборник докладов VI весоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов. 1937, стр. 682.
3. Д. М. Гедеванишвили. (Гедевანი). Газообмен при дозированном дыхании. М., 1955.
4. F. G. Benedict a. E. P. Cathoart. Muscularwork. Washington, 1915.
5. М. Лаббе и Р. Стевенин. Основной обмен. М., 1933.
6. М. В. Маршак и В. Г. Давыдов. Терморегуляция и газообмен при высокой температуре у человека в состоянии покоя. Гигиена труда, № 2, 1927.
7. G. Schoffa. Die methodischen Fehlerquellen der grundumsatz bestimmungen. Z. ges. inner. Med. 10, 1, 45—46, 1953.
8. C. F. Scurr. Controlled respiration; standartization of ventilation. Brit. J. Anaesthesia, 28, 1, 23—27, 1955.
9. E. P. Radford. J. Appl. physiol., 7, 451, 1955.
10. E. P. Radford. B. G. Ferris, B. C. Kriete. Clinical use of a nomogram to estimate proper ventilation during artificial respiration. New England J. Med., 251, 22, 877—884, 1954.
11. Д. М. Гедеванишвили (Гедевანი) и А. Н. Зиракадзе. Основной обмен при остром катаре верхних дыхательных путей и вирусном гриппе. Труды Тбилгосмединститута, 14, 85, 1957.
12. А. Н. Зиракадзе. Газообмен при малых физических нагрузках. Автореферат диссертации. Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
13. К. И. Цинцадзе. Газообмен при некоторых дерматозах. Сб. трудов, Тбилисского Кожно-венерол. Ин-та. 7, 81, 1957.
14. К. И. Цинцадзе. Механизм действия ванн на общий газообмен. Сообщ. 1 и 2. Труды Ин-та клин. и экспер. кардиологии АН ГССР, 5, 82, 93, 1958.
15. А. Н. Зиракадзе. О механизме действия эфирного масла и летучих фитонцидов чеснока на организм человека. Труды тбилгосмединститута, т. XVII, часть II, 1958, 95—106.
16. Г. П. Конради, А. Д. Слоним и В. С. Фарфель. Физиология труда. 1935.

ალ. მაჰომატოვი

გრამატიკული კლას-კატეგორიის უმსახებ ტაბასარანულ ენაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა არნ. ჩიქობავამ 31.1.1959)

გრამატიკული კლას-კატეგორია, რომელიც ძველად იბერიულ-კავკასიურ ენათა მთელს მორფოლოგიურ სისტემას მოიცავდა, ამჟამად ამ ოჯახის ზოგ ენაში სულ მოშლილა და სათანადო კლასის ნიშნები გაქვავებული სახით ფუძეს შეხორცებია ან მნიშვნელობა უცვლია. ასეა, მაგალითად, ქართველურ ენებში, ადიღურ ენებში [1,2,3].

დაღესტნური ჯგუფის ენებში გრამატიკული კლას-კატეგორიის მხრივ სურათი ერთნაირი არ არის: ენათა უმრავლესობაში ეს კატეგორია ამჟამად ცოცხალ მორფოლოგიურ კატეგორიას წარმოადგენს, თუმცა კლასების რაოდენობის შემცირების ტენდენცია, რაც ზოგ ენაში მათ სრულ მოშლას იძლევა, აქაც თვალსაჩინოა [4].

გრამატიკული კლას-კატეგორია ყველაზე უკეთ დაცულია ხუნძურ-ანდიურ-დიდოურ ენებში, ლაკურსა და დარგულში, ზოგ ამ ენაში კლასების რაოდენობა 4-მდის აღწევს. სულ დაუკარგავს ეს კატეგორია ლეზგიური ჯგუფის ზოგ ენას (ლეზგიურს, უდურს, აღულურს).

გარდამავალი — და ამდენად საინტერესო — საფეხური განვითარებისა წარმოდგენილია ლეზგიური ჯგუფის ერთ-ერთ ენაში, — ტაბასარანულ ენაში, — რომელსაც ჩრდილოეთით ესაზღვრება ენები, რომლებშიც კარგადაა გარჩეული კლასები, ხოლო სამხრეთით (და სამხრეთ-დასავლეთით) ენები, რომელთაც დაუკარგავთ ეს კატეგორია.

ამჟამად ტაბასარანულში გარჩეულია ორი გრამატიკული კლასი: ადამიანისა (პიროვნებისა) და ნივთისა.

ადამიანის კლასის ნიშნებია: **დ, რ, ჯ** (დ → || რ → || ჯ); ნივთის კლასის ნიშნებია: **ბ, ჟ, ჭ** (ბ → || ჟ → || ჭ).

მრავლობით რიცხვში კლასები გარჩეული არაა. მრავლობით რიცხვში გამოიყენება ადამიანის კლასის ნიშნები — ზოგადი მნიშვნელობით (რიცხვის ნიშნად) [5,6,7].

ტაბასარანულში გრამატიკული კლასების კატეგორია უკეთაა დაცული ჩრდილოურ დიალექტში, ვინემ სამხრულ დიალექტში, რომელიც ტერიტორიულად კლასების არმქონე ლეზგიურ ენას ესაზღვრება.

გრამატიკულ კლასებს განარჩევენ რიცხვითი სახელები, ზედსართავი სახელები და ზმნები. არსებით სახელებში კლას-ნიშნები წარმოდგენილია გაქვავებული სახით.



რიცხვითი სახელები, როგორც დამოუკიდებლად ხმარებული, ისე მსაზღვრელად გამოყენებული, იცვლებიან კლასების (და რიცხვის) მიხედვით:

საბ /საჭე „ერთი“ (ნიეთის კლასი, მხ. რ.)

სარ „ „ (ადამ. კლასი, მხ. რ.)

სადარ /სარარ/ სეა (←სარარ) - მრ. რ.

საბ (საჭე) ჰააჟჟან „ერთი ცხენი“

სარ ერმი „ერთი კაცი“.

სადარ (სარარ, სეა) აცარ „ერთნი ხარნი“

სადარ (სარარ, სეა) ერმიჟარ „ერთნი კაცი“

მაგრამ რიცხვით სახელებში შეიმჩნევა კლასების მოშლის ტენდენცია: ათეულობითი თვლის სისტემაში ათეულებს — დაწყებული „30“-დან — აქვთ გაქვავებული კლას-ნიშანი რ.

სიმჭურ ჰააჟჟან „30 ცხენი“

სიმჭურ ბაჟ „30 ბიჭი“

ასევე: ალჟუურ — 40, ხ<sup>რ</sup> წურ — 50, დირხ<sup>რ</sup> წურ — 60, ურგ<sup>რ</sup> უწურ — 70, მირჟიწურ — 80, ურჟწურ — 90.

ოცეულობითი თვლის სისტემის დროს კი კლას-ნიშნები გარჩეულია (რამდენადაც რიცხვით სახელებში იწეობს — „10“ და ჯაბ — „20“ ცვალებადი კლას-ნიშნები გვაქვს).

შიბუბ ჯაბ ჰააჟჟან „60 ცხენი“

შიბურ ჯაარ ერმი „60 კაცი“

იქ, სადაც გვაქვს თვლის ნარევი სისტემა (ოცეულ-ათეულობითი), ათეულობის აღმნიშვნელ რიცხვით სახელებში 30-დან დაწყებული კლას-ნიშანი რ გაქვავებულია, ხოლო რიცხვით სახელებში, რომლებიც ნაწარმოებია ოცეულობითი სისტემის მიხედვით, კლას-ნიშნები ცვალებადია (ცოცხალია): ხ<sup>რ</sup> წურ — „50“ (საერთო ნიეთისა და ადამიანის კლასებისათვის), შიბუბ ჯაბ — „60“ (ნიეთის კლასი), შიბურ ჯაარ — „60“ (ადამიანის კლასი).

ზედსართავი სახელი არსებითის წინ არ იცვლება კლასების მიხედვით<sup>(1)</sup>.

ბიწი თააჟ „პატარა კვიცი“

ბიწი ბაჟ „პატარა ბიჭი“

ბიწი თააჟარ „პატარა კვიცები“

ბიწი ბააჟარ „პატარა ბიჭები“

დამოუკიდებლად ხმარებული ზედსართავი სახელი ან ზედსართავი ხმარებული შემასმენლის როლში იცვლება კლასების (და რიცხვის) მიხედვით.

<sup>(1)</sup> მოქმედი (ცოცხალი) კლას-ნიშანი შემოინახა მხოლოდ ზედსართავმა უჯუბ „კარგი“ და რიგ თქმაში უჩიოჟუ „ლამაზი

უჯუბ ჰააჟჟან კარგი ცხენი“

უჯუბ ბაჟ „კარგი ბიჭი“

უჯუბდარ (იჯურარ, იჯარ) ჰააჟჟანარ /ბაჟარ „კარგი ცხენები/ ბიჭები“. შეიძლება პარალელური ფორმებიც: იჩ<sup>რ</sup>ოჟუ (|| იჩ<sup>რ</sup>ი) ჰააჟჟან „ლამაზი ცხენი“, იჩ<sup>რ</sup>ოჟუ (|| იჩ<sup>რ</sup>ი) რიშ „ლამაზი ქალიშვილი“.

მხ. რ. დაჯ'ლუჷტ „მაღალი“ (ნივთ. კლ.)	}	მრ. რ. დაჯ'ლურარ „მაღლები“
დაჯ'ლურ „მაღალი“ (აღამ. კლ.)		
დას ჰააჲჷნარ დაჯ'ლუჷტას „ჩემი ცხენი მაღალია“	}	დას ჰააჲჷნარ დაჯ'ლურარას „ჩემო ცხენები მაღლებია“
დას ჩიი დაჯ'ლურას „ჩემი ძმა მაღალია“		

კიდევ უფრო თვალსაჩინოა გრამატიკული კლას-კატეგორიის მოშლის ტენდენცია ტაბასარანულ ზმნაში.

ჩრდილოურ დიალექტებში ზმნა უკეთ შემოინახა ეს კატეგორია. კლას-ნიშნები ზმნაში შეიძლება გვეკონდეს ფუძის თავში ან შეგნით (ძირეული თანხმოვნის წინ).

გარდაუვ. ზმნა: ბიჯჷუს „შეშინება“ („испугаться“) (რეალური სუბიექტი ნივთის კლასისა, მხ. რ.)

დიჩჯჷუს „ „ (რეალური სუბიექტი აღამ. კლ., მხ. რ.)

დიჯჷუს „ „ (რეალური სუბიექტი მრ. რიცხვში)

აქ ბ პრეფიქსი მიუთითებს ნივთის კლასზე, ადამიანის კლასზე მიუთითებს ორი მაჩვენებელი: დ და რ; მრ. რიცხვი გამოხატულია დ პრეფიქსით-ტიჷხუს „ფრენა“ („лететь“) რეალური სუბიექტი ნივთ. კლ., მხ. რ.)

ტიჩხუს „ „ (რეალური სუბიექტი აღამ. კლ., მხ. რ.)

ტიჩხუს „ „ (რეალური სუბიექტი მრ. რიცხვში)

აქ კლას-ნიშანი ჷ აღნიშნავს ნივთის კლასის რეალურ სუბიექტს, ადამიანის კლასის (და ორივე კლასისათვის მრავლობით რიცხვში დასწულ) რეალურ სუბიექტს აღნიშნავს კლას-ნიშანი რ.

ლიჷხუს „შრომა“ („трудиться“) (რეალური სუბიექტი ნივთ. კლ. მხ. რ.)

ლიხუს „ „ (რეალური სუბიექტი აღამ. კლ. ან მრ. რ.)

აქ ადამიანის კლასი (ან მრ. რიცხვი) აღნიშნულია კლასის ნიშნის უქონლობით.

გარდამ. ზმნა: ბისუს „დაქერა“ (რეალური ობიექტი ნივთ. კლ., მხ. რ.)

დისუს „ „ (რეალური ობიექტი აღამ. კლ. ან მრ. რ.)

ჷაჷჷუს „ავსება“ (რეალური ობიექტი ნივთ. კლ., მხ. რ.)

ჷაჷუს „ „ (რეალური ობიექტი მრ. რ.)

იზუ ბიკიდიზა აგეს კაჯა „მე მივწერ მამას წერილს“

იზუ დიკიდიზა აგეს კაჯარ „მე მივწერ მამას წერილებს“

იზუ ღირკიდიზა ბაჲ ქარუჷჷკდის „მე ჩავწერ წრეში ბავშვს“

იზუ დიკიდიზა ბაჲარ ქარუჷჷკდის „მე ჩავწერ წრეში ბავშვებს“

პრეფიქსი კლასის ნიშანი ბ მიუთითებს ნივთთა კლასზე მხ. რიცხვისა, ადამიანის კლასი (ან მრ. რიცხვი ორივე კლასისა) გამოიხატება სათანადო ნიშნით (ადამიანის კლას-ნიშნით).

რაც შეეხება ზმნებს სამხრული დიალექტის თქმებში, აქ გრამატიკული კლასის აღნიშვნის მხრივ გვაქვს სამგვარი მდგომარეობა:



ა) ზმნაში კლას-ნიშნები იცვლება ჩრდილო დიალექტის ანალოგიურად,  
 ბ) კლას-ნიშნები ზმნის ფუძის თავში გაქვევებულია მაშინ, როდესაც  
 ფუძის შიგნით მოქმედია (ცოცხალია) ისევე, როგორც ჩრდილოურ დია-  
 ლექტში<sup>(1)</sup>.

კაჯ ბიკუზ „წერილის წერა“

კაჯარ ბიკუზ „წერილების წერა“

ბაჟ ქორუჟუკჯიზ ბიკუზ „ბავშვის ჩაწერა წრეში“ — ობიექტის კლასის  
 (ან რიცხვის) ცვლილება ზმნაში (ბიკუზ „წერა“) არ აისახა.

ჰააჟან ჯაჟლუზ „ცხენის რბენა“ („бежать“)

ბაჟ ჯარლუს „ბიჭის რბენა“

ჯაყუ ტიტხუზ „ჩიტის ფრენა“ („лететь“)

ედმი ტირხუზ „კაცის ფრენა“

— აქ სუბიექტის გრამატიკულ კლასში ცვლის მიხედვით ზმნა იცვლის  
 კლას-ნიშნებს.

გ) გრამატიკული კლას-ნიშნები მთლიანად გაქვევებულია (ან დაკარგუ-  
 ლია) (აულ ხივის, ხორეჯის, სირტიჩის მეტყველება).

ბიჯუზ „მონახვა“ (რეალური ობიექტი ნივთ. კლ. ან ადამ. კლ.)

ბირხუზ „კერვა“ (რეალური ობიექტი მხ. რ. ან მრ. რ.)

ქარხუზ „ანთება“ (რეალური ობიექტი მხ. რ. ან მრ. რ.)

ქაუზუზ „დასხმა“ (რეალური ობიექტი მხ. რ. ან მრ. რ.)

ჯაყუ ტირხუზ „ჩიტის ფრენა“ („лететь“)

ედმი ტირხუზ „კაცის ფრენა“

ჯაყუარ ტირხუზ „ჩიტების ფრენა“

ედმიჟარ ტირხუზ „კაცების ფრენა“

უზუ ბისურზა ჯაყუ „მე დავიჭერ ჩიტს“

უზუ ბისურზა ბაჟ „მე დავიჭერ ბავშვს“

უზუ ბისურზა ჯაყუარ „მე დავიჭერ ჩიტებს“

უზუ ბისურზა ბაჟარ „მე დავიჭერ ბავშვებს“

სუბიექტისა და ობიექტის ცვლა კლასების მიხედვით ზმნაში არ აისა-  
 ხება. კლას-ნიშანი ბ ზმნაში ბისუზ „დაჭერა“ ან კლას-ნიშანი რ ზმნაში ტირ-  
 ხუზ „ფრენა“ გაქვევებულია ამჟამად<sup>(2)</sup>.

მიმღეობა ეთანხმება საზღვრულ სახელს (კლასსა და რიცხვში) ზედ-  
 სართავის მსგავსად.

გარდაუვალი ზმნის მიმღეობა მონოპერსონალურია: მიმღეობაში  
 შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ორი კლასის ნიშანი (პრეფიქსად და სუფიქ-  
 სად), მაგრამ ორივე ერთ კლასზე მიუთითებენ—რეალურ სუბიექტის კლასზე.

<sup>(1)</sup> ანალოგიური ვითარება დასტურდება თვით ჩრდილოურ დიალექტში აულ თათი-  
 ლის მეტყველებაში.

<sup>(2)</sup> ზოგი აულის მეტყველებაში ზმნაში ურხუზ „წაკითხვა“, „ქსოვა“ კლას-ნიშანი რ  
 გაქვევებულია, როცა ამ ზმნას „წაკითხვის“ მნიშვნელობა აქვს; მაგრამ, როცა ამავე ზმნას  
 „ქსოვის“ მნიშვნელობა აქვს, მასში რ ცოცხალი (ცვალებადი) ნიშანია;

მდრ.: ხალაჩი უბხუზ „ხალიჩის ქსოვა“

ხალაჩიჟარ ურხუზ „ხალიჩების ქსოვა“

ატინ უბხუზ „წინდის ქსოვა“

ატინარ ურხუზ „წინდების ქსოვა“



წიდიცურ „ნოდивший“ (სუბიექტი ადამიანის კლასისა)

წიბიცუჟი „ „ (სუბიექტი ნივთის კლასისა)

მოყვანილ მაგალითებში კლას-ნიშნები პირველში ადამიანის კლასისა (დ, რ), მეორეში ნივთის კლასის (ბ, ჟ) სუბიექტზე მიუთითებენ.

გარდამავალი ზმნის მიმღეობა პოლიპერსონალურია: მიმღეობაში წარმოდგენილია როგორც სუბიექტის, ისე ობიექტის კლას-ნიშნები, ამასთან პრეფიქსში კლას-ნიშანი მიუთითებს რეალურ ობიექტზე, სუფიქსში-სუბიექტზე, როგორც ეს ცნობილია დაღესტნის სხვა ენებიდანაც, კერძოდ ხუნძურიდან ([8], [9]).

ბაე მესელე ბილკუნურ — დას ჩიას „ამოცანის ჩამწერი ყმაწვილი ჩემი ძმა“.

მიმღეობის ფორმაში ბილკუნურ „ჩამწერი“ პრეფიქსი ბ აღნიშნავს რეალურ ობიექტს („ამოცანა“), სუფიქსი რ — რეალურ სუბიექტს („ყმაწვილი“).

რეალური ობიექტისა და სუბიექტის ცვლა კლასების მიხედვით შესაბამისად იქნება ასახული მიმღეობის ფორმაშიც.

გარდამავალი ზმნის მიმღეობამ შეიძლება გავარჩევინოს მნიშვნელობები გვარის მიხედვით: თუ მიმღეობის ფორმაში პრეფიქსი კლას-ნიშანი მიუთითებს რეალურ ობიექტზე, ხოლო სუფიქსი რეალურ სუბიექტზე, მაშინ შესაბამის მიმღეობას ექნება მოქმედებითი გვარის მნიშვნელობა:

ჩიი კაჯა ბ-იკუ-რ... „рат, письмо написавший...“

თუ მიმღეობაში როგორც პრეფიქსი, ისე სუფიქსი მიუთითებს ერთსა და იმავე სახელზე, შესაბამის მიმღეობას ვნებითი გვარის მნიშვნელობა ექნება:

კაჯა [ჩიიჩიი] ბ-იკუ-ჟი „письмо написанное [ратом]“

მიმღეობის ფუძე გვარის თვალსაზრსით ნეიტრალურია [8].

ასეა ჩრდილოურ დიალექტში.

სამხრული დიალექტის თქმებში გარდამავალი ზმნის მიმღეობაც ერთ კლასზე მიუთითებს: მიმღეობაში კლას-ნიშანი ცოცხალია (იცვლება) მხოლოდ სუფიქსში, ხოლო პრეფიქსში — გაქვავებულია, რადგანაც სათანადო ზმნაში, რომლისაგანაც მიმღეობა იწარმოება, კლას-ნიშანი გაქვავებულია.

ჩეე ქალაზ ბიკურაჩიჩი „წერილი დამწერი ძმა“

შდრ. ჩეე ბაე ბიკურაჩიჩი „ბაეშვი ჩამწერი ძმა“

პრეფიქსი კლას ნიშანი ბ მიმღეობაში თუმცა გვაქვს, მაგრამ იგი გაქვავებულია (ისევე, როგორც სათანადო ზმნაში ბიკუზ „писать“); სუფიქსეული კლას-ნიშანი მიმღეობის ფორმაში ცოცხალი აფიქსია (ცვალეზადია), ისევე, როგორც ზედსართავ სახელებში.

რაკი აქ არ ხერხდება მიმღეობაში პრეფიქსის მეშვეობით გრამატიკული კლასების აღნიშვნა, ამიტომ გვარის მიხედვით გარჩევა შესაძლებელი ხდება მხოლოდ სუფიქსის მეშვეობით: თუ სუფიქსის კლას-ნიშანი მიუთითებს რეალურ სუბიექტზე, მაშინ მიმღეობას ექნება მოქმედებითი გვარის მნიშვნელობა, თუ რეალურ ობიექტზე — ვნებითი გვარის მნიშვნელობა.



ედმი ქალაზ ბიკუ-რ „человек, письмо написавший“

ქალაზ ბიკუ-ბ „письмо написанное“

ადამიანისა (პიროვნების) და ნივთის კლასი „ორი ძირითადი კატეგორიაა, რომელიც ისტორიულად ყველა იბერიულ-კავკასიური ენისთვის იყო დანახასიათებელი (მხოლოდობითს რიცხვში), შემდგომი დიფერენციაცია იძლევა ზოგ ენაში ოთხ კლასს (ორს ადამიანის კლასში, ორსაც ნივთის კლასში“ ([10], გვ. 74).

ტაბასარანულ ენაში რომ ამჟამად ორი კლასია გარჩეული ეს, ერთი შეხედვით, შეიძლება უძველესი ვითარების მოვლენად მოგვეჩვენოს, ნამდვილად კი, თანამედროვე ვითარება ტაბასარანული ენისა ამ მხრივ არ არის ძველი, მეორეულია და შედგება უფრო რთული სისტემის გამარტივებისა, — კლასების რაოდენობის შემცირებისა ([11], გვ. 93).

თვით ტაბასარანულის მონაცემების მიხედვით შეუძლებელი არ არის ვივარაუდოთ ამ ენისათვის კლასების მეტი რაოდენობა.

პ. უსლარი „უცნაურ ანომალიად“ მიიჩნევს იმ ფაქტს, რომ ამ ენის რიცხვითი სახელები ზოგ არსებით სახელთან (მის „წელიწადი“, მიჯა: „დღე“, მიჯა: „ღამე“) მსაზღვრელად ხმარებისას დაირთავენ რ-ს (ნაცვლად მოსალოდნელი უ ქლას-ნიშნისა): სარ მის „ერთი წელიწადი“, ყურ მიჯა: ორი დღე: მიჯა: ბურ მიჯა: „სამი ღამე“. „ეს მით უფრო უცნაურია-ო, — შენიშნავს პ. უსლარი, — რომ ითქმის იჯუჟ მის „კარგი წელიწადი“, იჯუჟ მიჯა: „კარგი დღე“, იჯუჟ მიჯა: „კარგი ღამე“ [5]. სხვანაირად რომ ვთქვათ, ზედსართავი სახელი ეთანხმება ზემოაღნიშნულ არსებით სახელებს კლას-ნიშნით უ (← ბ).

სამხრული დიალექტის თქმებში რ-ს ადვილას იმავე სიტყვებში გვექნება: სად მიჯა: „ერთი დღე“, სად მის „ერთი წელიწადი“, სად მიჯა: „ერთი ღამე“, ხოლო ჩრდილოური დიალექტის დიუბეკის თქმაში — ჯ: სეჯა: (← სეჯა: მიჯა: „ერთი დღე“, სეჯა: მიჯა: „ერთი წელიწადი“, სეჯა: მიჯა: „ერთი ღამე“...<sup>(1)</sup>

ეს „უცნაური ანომალია“, რაზედაც პ. უსლარი მიუთითებს, ისტორიული თვალსაზრისით მეტად საგულისხმო ფაქტია. ირკვევა, რომ ძველად ტაბასარანულში გარჩეული იყო გრამატიკული კლასი რ კლას-ნიშნით, რომელიც ამჟამად სათანადო სახელებთან ხმარებისას რიცხვითმა სახელებმა შემოგვიანახეს (შდრ. [7], გვ. 93); ეს რ (← დ) კლას-ნიშანი დალესტნის ენათა საერთო კუთვნილებაა, იგი ამ ენათა ნივთის ერთ-ერთი კლასის, IV კლასის, ექსპონენტად მიიჩნევა [4].

კლას-ნიშნები დ, რ, რომლებიც ტაბასარანულში ამჟამად ადამიანის კლასისთვის გამოიყენება (იხ. ზემოთ), ისტორიულად, როგორც ეს ცნობილია, ნივთის კლასის ნიშნებია, რომლებიც უფრო გვიან გამოყენებული იყო

(<sup>1</sup> თვით სიტყვებში მიჯა: „ღამე“, მის „წელიწადი“, მიჯა: „დღე“ და პრეფიქსი გაქვეყნებული კლას-ნიშანია; შდრ. დარგულ ენაში: დუჯა: „ღამე“, დუჯა: „წელიწადი“... რომლებშიც დ- აგრეთვე ამჟამად გაქვეყნებული კლას-ნიშანია (ნივთის — IV კლასისა).

დაჯ დუჯა: „შუაღამე“;

შდრ.: ბაჯ „შუა“ (III კლ.), ბაჯ (II კლ.) „წელი ქალისა“

უჯა (I კლ.) „წელი კაცისა“.

ქალის კლასის ნიშნებად, როცა ეს უკანასკნელი ცალკე გამოიყო ადამიანის (პიროვნების) კლასში [12].

შემდეგ კლასების რიცხვის შემცირების შედეგად მამაკაცისა და ქალის კლასი ისევ შეუერთდა ერთმანეთს და მივიღეთ ერთი საერთო კლასი ადამიანისა, რომლის ნიშნად ზოგადი მნიშვნელობით გამოყენებულ იქნა ქალის კლასის ნიშანი (ისტორიულად ნივთის კლასის ნიშანი) ([13], გვ. 446).

ტაბასარანულში ნივთთა კლასის ექსპონენტად წარმოდგენილია უ მამინ, როდესაც მეტ ნაწილ დაღესტნურ ენებში (ხუნძურ-ანდიურ-დიდოურ ენებში, ლაკურსა და დარგულში) უ ჩვეულებრივ I კლასის ექსპონენტია, მაგრამ, ეს მაჩვენებლები სხვადასხვა წარმოშობისაა: ტაბასარანული ექსპონენტი უ დაღესტნურ ენებში ნივთთა კლასის ჩვეულებრივ მაჩვენებელ ბ-ს ფონეტიკური ვარიანტია (უ ← ბ) <sup>(1)</sup>.

ამგვარად, ტაბასარანულ ენაში გრამატიკული კლასების რაოდენობის შემცირების ტენდენცია უფრო ძლიერია, ვიდრე ამ კატეგორიის მქონე დაღესტნის სხვა რომელიმე ენაში. თუმცა ამ ტენდენციას ტაბასარანულში ჯერ კიდევ არ მოუცია კლას-კატეგორიის სრული მოშლა, მაგრამ დიალექტებში, როგორც ვნახეთ, მაინც თვალსაჩინოა ამ კატეგორიის თანდათანობით მოშლის პროცესი, რომელსაც, სხვათა შორის, შეუძლია გავავითვალისწინოს განვითარების ის გზა, რამაც ტაბასარანულის მეზობელ ლეზგიურ და აღულურ ენებში კლას-კატეგორიის სრულ მოშლამდის მოგვიყვანა.

აქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციის მოუვიდა 2.2.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ა რ ნ. ჩ ი ქ ო ბ ა ვ ა. სახელის ფუძის უძველესი აგებულება ქართველურ ენებში. თბილისი, 1942.
2. А р н. Ч и к о б а в а. Картвельские языки, их исторический состав и древний лингвистический облик. იბერიულ-კავკასიური ენათმეცნიერება, II, 1948.
3. Г. В. Р о г а в а. К вопросу о структуре именных основ и категории грамматических классов в адыгских (черкесских) языках. Тбилиси, 1956.
4. ა რ ნ. ჩ ი ქ ო ბ ა ვ ა. გრამატიკული კლასების ისტორიისათვის ხუნძურში. ენიკი-ს მთაბზე, I, თბილისი, 1937.
5. П. К. У с л а р. Табасаранский язык (ხელნაწერი). 1875.
6. А. Д и р р. Грамматический очерк табасаранского языка, СМОНПК, XXXV. Тифлис, 1905.

<sup>(1)</sup> დიუბეკის თქმაში კლას-ნიშანი უ, რომელიც თავის მხრივ მიღებულია ბ-საგან გარკვეულ პოზიციებში იძლევა ფ-ს (ზოგი გემინატიის წინ):

- უჭქჟუს „დაკვლა“ (ობიექტი ნივთ.კლ. მხ. რიცხვი)
- უქჟუს „დაკვლა“ (ობიექტი ადამ. კლ. ან მრ. რიცხვი)
- უჭჩაუს „რეცხვა“, „ბანა“ (ობიექტი ნივთ. კლ., მხ. რ.)
- უჩჟუს „ „ „ (ობიექტი მრ. რ.)



7. Л. И. Жирков. Табасаранский язык. Москва, 1948.
8. არბ. ჩიქობავა. პოლიპერსონალიზმის საკითხი ხუნძურში ერგატიული კონსტრუქციის პრობლემასთან დაკავშირებით. ვნიმკი-ს მოამბე, X, თბილისი, 1953.
9. А. А. Магомедов. К вопросу о категории залога в кубачинском диалекте даргинского языка. Доклады и сообщения Института языкознания АН СССР, IV, Москва, 1953.
10. Арн. Чикобава. О двух основных вопросах изучения иберийско-кавказских языков. Вопросы языкознания, № 6, Москва, 1955.
11. А. Дирр. О классах (родах) в кавказских языках. СМОМПК, XXXVII, Тифлис, 1907.
12. არბ. ჩიქობავა. მეორე გრამატიკული კლასის („მდედრობითი სქესის“) გენეზისისათვის მთის კავკასიურ ენებში. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. III, № 4, 1942.
13. გ. როგავა. კლასიანი უღვლილების პირიან უღვლილებაში გადასვლისათვის იბერიულ-კავკასიურ ენებში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 7, 1953.

ხელოვნების ისტორია

3. ზაპარაია

თავდაცვით ნაგებობებთან მარნის კავშირის საკითხისათვის  
ზვიანი უშასაუკუნეების საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. ჩუბინაშვილმა 12.12.1958)

ღვინი უშასაუკუნეების საქართველოში, როდესაც არ იყო ერთიანობა, ხოლო მტრები ყოველმხრივ მოძალებულნი იყვნენ, თავდაცვის საკითხი მეტად მწვავედ დადგა. გარეშე მტრის თავდასხმის საშიშროება განუწყვეტლივ არსებობდა, რასაც თან ერთვოდა უნდობლობა საკუთარი მეზობლისადმი. ყველა ფეოდალი ცდილობდა ხელსაყრელი პირობების გამოყენებას და მეზობლის ხარჯზე საკუთარი სამფლობელოს გაზრდას. ასეთ სიტუაციაში უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭებოდა თავდაცვით ნაგებობებს. იგებოდა დიდი და პატარა ციხეები. ციხე-დარბაზები, კოშკები და სხვა. მაგრამ ეს არ იყო საკმარისი. საჭირო შეიქმნა სიმაგრედ ქცეულიყო საცხოვრებელი სახლი, წისქვილი, მარანი და ეკლესია კი (ლარგვისი, ქოლაგირი). აქ ჩამოთვლილი ზოგიერთი სახის ნაგებობათა სიმაგრეებად ქცევის საკითხებს ჩვენ სხვა შრომებში შევხებივართ. ამჟამად გვინდა მოკლედ განვიხილოთ მარნისა და საცხოვრებელი ნაგებობის ურთიერთ დაკავშირება და მათთვის თავდაცვითი ფუნქციის დაკისრება. ჩვეულებრივ, მარანი ცალკე მდგარ შენობას წარმოადგენდა, მაგრამ ხშირი იყო მისი დაკავშირება საცხოვრებელ სახლთან [1]. მაგალითად, ურბნისის ნაქალაქრის გათხრებისას, ადრეფეოდალური პერიოდის ფენაში, ბლომად გვხვდება მარანი. ზოგი მათგანი ცალკე დგას, მაგრამ ზოგი უშუალოდ დაკავშირებულია საცხოვრებელ ნაგებობასთან. განვითარებული ფეოდალური ხანათვის ასეთივე მაგალითები მოგვცა დმანისის გათხრებმაც [2].

XIII ს. სამონასტრო კომპლექსები მარნებსაც შეიცავენ. მაგალითად, გუდარეხის მონასტრის სატრაპეზოს ქვედა სართული მარანს ეკავა [3]. მარანი სატრაპეზოსთან ერთად კაპიტალურ ნაგებობას წარმოადგენდა და საკმაოდ ვრცელი იყო. სხვადასხვა ზომის ქვევრები მიწაში იყო ჩამარხული. გარედან ღვინის ჩამოსასხმელი ხვრელი ქვის კედელშია გამოჭრილი. ეს მილი გარედან მიწას ერთი მეტრით იყო აცილებული, რათა გადასხმა ადვილი ყოფილიყო.

მეორე მაგალითს იძლევა თეთრი წყაროს რაიონის სოფელ სამღერეთთან მდებარე XIII ს. მონასტრის ანსამბლი. ანსამბლში შემავალი ორსართულიანი კაპიტალური ნაგებობა სატრაპეზოს წარმოადგენს. მისი პირველი სართული მარნისთვის იყო განკუთვნილი. გუდარეხის მსგავსად აქაც ქვევრები მიწაშია ჩამარხული, ხოლო გარეთა კედელში ისევ ხვრელია ღვინის გადმოსასხმელად [4]. ნაქალაქარ სამშვილდეში გვიანი უშასაუკუნეების რამდენიმე სასახლეა შერჩენილი. ამ სასახლეებიდან ციხის ჩრდილო-დასავლეთით, მდ. ჭივჭივას გადამყურე სასახლე ყველაზე ადრეულია. ოდესღაც კაპიტალური ნაგებობიდან მცირე ფრაგმენტია შერჩენილი. რამდენადაც ამ ნაგებობებს ეტყობა, სასახლე ორსართულიანი ყოფილა. პირველი სართული მარანს წარმოადგენდა. შენობა ფერდობზე იყო მიდგმული, ამიტომ გარე კედლებიდან თავისუფლად მისადგომი მხოლოდ ჩრდილოეთისას ჰქონდა. მშენებლებს ღვინის ჩასასხმელი ხვრელი სწორედ ამ კედელში დაუტოვებიათ. ხვრელი მიწის დონიდან აქაც დაახლოებით ერთ მეტრზე მდებარეობს.



მარნის ერთი საინტერესო ნაგებობა შედიოდა ფიტარეთის ანსამბლშიც [5]. წარწერის მიხედვით, მონასტრის წინამძღვარს იობს მარანი აუგია 1696 წ.

ამ ნაგებობის ნანგრევების დათვალიერებამ დაგვარწმუნა, რომ იგი ასრულებდა არა მარტო მარნის, არამედ საცხოვრებელი და თავდაცვითი შენობის ფუნქციებსაც. ნაგებობის პირველი სართული მარანი იყო, მიწაში ჩაფლული ქვევრებით. ზედა სართული კი საცხოვრებელია. მის კედლებში სარკმლები, ნიშები და სათოფეებია განლაგებული.

XVII—XVIII საუკუნეების შიდა ქართლის ციხეებში და კოშკებში ჩშირად შეხვდებით ქვევრების გამოყენებას, მათი დიდი უმრავლესობა ღვინის შესანახად იქნება და განკუთვნილი, ნაწილი კი—წყლისათვის. ასეთი ობიექტებიდან განვიხილავთ რამდენიმეს.

ქვიშხეთის ერთ-ერთ გორაზე XVII ს. მეორე ნახევრის ცილინდრული კოშკია აღმართული. კოშკის პირველი სართულის იატაკქვეშ ქვევრები ყოფილა განლაგებული. კოშკის სამხრეთ-აღმოსავლეთის კედლებში ხვრელია დატოვებული. სხვა ანალოგიური შემთხვევებიდან განსხვავებით ეს ხვრელი მაღლაა (1,7 მეტრზე). ზემოაღწერილ სხვა ძეგლებში ხვრელებს შიგნით ჰქონდათ ტუჩივით შვერილი. აქ კი გარედან სპეციალურად გათლილი ქვაა. ამ ქვის შვერილი ზედა ნაწილში ათიოდე სანტიმეტრითაა ჩაღრმავებული. ქვის ჩაღრმავებიდან ღვინო დაქანებით კოშკში შედიოდა.

ძაღინას ციხე-დარბაზის საინტერესო ანსამბლის ძირითადი ნაგებობა კოშკისა და სასახლისაგან შედგება. მარანი აქაც კოშკის ქვედა სართულშია მოთავსებული. ღვინის მისაღები მილი დასავლეთის კედელშია დატანებული. იგი მიწის დონიდან ნახევარი მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობს და შიგნითკენაა დაქანებული. XVIII ს. ხეითის კოშკს ღვინისა და წყლის ჩამოსასხმელი ცალკე ჰქონია. ამ კოშკის მშენებლებს წყლის მომარაგების საკითხი საერთოდ კარგად აქვთ გადაწყვეტილი.

სოფ. ქემერტის (ლიახვის ხეობა) შუაზე აღმართულია ხუთსართულიანი კოშკი. მისი პირველი სართული ყრუკედლებიან სარდაფს წარმოადგენს, ხოლო მეორე სართული მიწის დონეზეა. ამ სართულის ჩრდილოეთის კედელში, იატაკიდან ათიოდე სანტიმეტრზე კერამიკული მილი შემოდის. ეს ვიწრო მილი შიგნითკენაა დახრილი. მეორე, თითქმის ორჯერ მსხვილი მილი პირველიდან მოშორებითაა და თითქმის ერთი მეტრით ძალდა. იგი ნიშაშია მოთავსებული და მილი გარეთკენაა დაქანებული. პირველი მილით გარედან წყალსა და ღვინოს შეუშვებდნენ, ხოლო მეორედან უსუფთაო წყალს გადააქცევდნენ.

ზემოგანხილული კოშკები ძირითადად თავდაცვით დანიშნულებას ასრულებდნენ, მაგრამ იმავე დროს მათ საცხოვრებლადაც იყენებდნენ. ამიტომ ამ ნაგებობათა ქვედა სართულებში ქვევრების მოწყობა მიზანშეწონილად ჩანს.

კახეთის ტერიტორიაზე, დღევანდელი ახმეტის რაიონის ორ პუნქტში—თვით ახმეტაში და ზემო ხოდაშენში მდებარეობს ორიგინალური გადაწყვეტის ორი ძეგლი. თითოეულ მათგანს გააჩნია კონკრეტულად განსხვავებული გადაწყვეტა, მაგრამ პრინციპში ბევრი რამ აქვთ საერთო. მათში უფრო რთულია და ზომითაც დიდი ზემო ხოდაშენის ძეგლი.

სოფ. ზემო ხოდაშენი ამჟამად დიდი და მდიდარი სოფელია, მაგრამ ასე არ იყო წარსულში. აქ მდებარეობდა პატარა ძონხასტერი (ამჟამად ამ ნანგრევებს „ბერაანთ სახლს“ ეძახიან). სამონასტრო ნაგებობების დიდი უმრავლესობა დანგრეულია და ჩვენამდე მოაღწია ნაწილობრივ რამდენიმე ძეგლმა. აქედან უკეთაა დატული ეკლესია. შედარებით კარგ მდგომარეობაშია მარანი კოშკით, ხოლო საცხოვრებელი სახლებიდან ერთადერთია ადგილზე, მაგრამ ისიც ისეა



გადაკეთებული და ჩაქსოვილი ახალ ორსართულიან სახლში, რომ თავდაპირველი სახის აღდგენა არ ხერხდება. სამონასტრო ნაგებობები და ნაწილობრივ მარანიც გალავანში ყოფილა მოქცეული.

ეკლესიას ორი წარწერა აქვს. ერთი წარწერა მოთავსებულია დასავლეთის კარის ზემოთ, ხოლო მეორე — სამხრეთის კარის ზემოთ.

დასავლეთის კარის არქიტრავის ზემოთ მდებარე მაღალ ოთხკუთხა ქვაზე მხედრული წარწერაა. იგი ქარაგმების გახსნით ასე იკითხება:

„წელთა ქრისტეს აქეთ ათას შუდას სამოცსა, მეფობასა ქართველთა და კახთა ზედა ირაკლი მეორისასა და დედოფლობასა დადიანის ასულის დედოფლის დარეჯანისასა, მე კოზმან ბერი მოველ მთაწმინდით ფილოთეოსის მონასტრიდამ ხარების ეკლესიით სოფელსა ხოდაშენს ეკლესიასა ხარებისასა, რომელიც შეწირულ არს ნეტარად ცხენებულისა მეფისა ალექსანდრესგან მამული და ყმა ეკლესიისა მისთვის, ღვაწლ მისდა და მოსრულმან მოწყალებითა მეფისა ირაკლისათა ვილუაწე ესრეთ: ეკლესია მცირე მომატებულ ვყავ, მარანი ცახით გავაკეთე, ზვარი აოჯრებული აღვაშენე, შემცირებულნი ყმანი გაუმრავლე. არიან კომლი ათნი. მე რომ მოველ სამი კომლი დამიხვდა. წისქვილი დავაბრუნე. ამას გარდა, ახმეტას არის ბეთაღმანი საკომლო სამი. ამავე მეფემ აღაშენა მონასტერი ელიას გორაზედ. წმინდანო მამანო, ამის შეწირვის ყამსა ყოფილა ქორონიკონი სნ. იმ ქამილამ აქამდინ მთასა და ბარში ბევრი დაკარგულა ის თვექნ იღვაწეთ და ჩემ გლახაკისათვის ლოცვა ყავთ. ქორონიკონს უბო. მშრომელი გიორგი“. ეს ვრცელი წარწერა მრავალმხრივ არის საინტერესო, მაგრამ ამჯერად ჩვენ მხოლოდ ერთ მხარეს შევეხებით.

ალექსანდრე კახეთის მეფის მიერ მთაწმინდის ფილოთეოსის მონასტრისათვის შეწირული მონასტერი(!) მტრისგან აოხრებულა და დამცრობილა. როგორც ეტყობა, მტრის გამუდმებულ თარეშს ეს მონასტერიც განადგურებამდე მიუყვანია. მთაწმინდიდან ჩამოსულ კოზმან ბერს ადგილობრივთა დახმარებით ენერგიული ზომები მიუღია და შედეგიც შესამჩნევი ყოფილა. მას მცირე ეკლესია გაუფართოვებია, აოხრებული ზვარი აუშენებია, მრევლი გაუზრდია, წისქვილი აუშუშავებია, და, რაც მთავარია, აუგია „მარანი ციხით“. წარწერაში ნათქვამია, რომ კოზმან ბერი საქართველოში ჩამოსულა 1760 წელს, ხოლო წარწერა შესრულებულია 1784 წ. კოზმანის საქმიანობაც ამ ორ თარიღს შორის ექცევა.

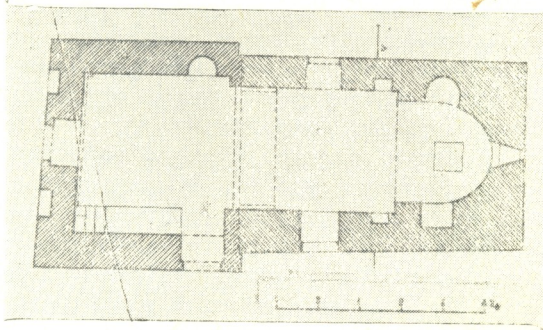
ეკლესია მცირე ზომის ერთნაივან ნაგებობას წარმოადგენდა. ღრმა საკურთხევლის გვერდებზე თითო ნიშაა. თავდაპირველი სარკმელი მხოლოდ აღმოსავლეთისაა. გვერდის კედლებში არსებული დიდი სარკმელები ახალია (შესაძლოა ეს სარკმელები ძველი სარკმელების ადგილზეა). კოზმან ბერს ამ ეკლესიის დასავლეთის კედელი მთლიანად გაურღვევია და მცირე ზომის სწორკუთხა ნაგებობა დაუმატებია (წარწერის მიხედვით მშენებელი ყოფილა ვინმე გიორგი). ამ მინაშენს კარები სამხრეთით და დასავლეთით აქვს (სურ. 1).

(<sup>1</sup> სხვადასხვა წყაროებით ცნობილი იყო კახთა მეფეების ლეონისა და ალექსანდრე II ღვაწლი ფილოთეოსის მონასტრზე, და კერძოდ, მათ მიერ მონასტრისათვის ხოდაშენის შეწირვა. მათი ღვაწლის შედეგი უნდა ყოფილიყო ისიც, რომ ორივე მეფე გამოსახული ყოფილა ფილოთეოსის ხარების ტაძარში [6].

კოზმან ბერის ცნობაში მცირე არასიზუსტე უნდა იყოს, რადგან მისი ნაწერის მიხედვით ხოდაშენის მონასტერი ათონის ფალოთეოსის მონასტრისათვის ალექსანდრე მეფეს შეუწირავს 1562 წ. (ქკა სნ 250+1312). როგორც ცნობილია, ალექსანდრემ მეფობა მიიღო მხოლოდ 1574 წ. თუ კოზმანის ცნობა სწორია, მაშინ გამოდის, რომ ალექსანდრეს ეს საქმიანობა მომხდარა მამის დროს.



ამ ეკლესიის სამხრეთის კარის ზემოთ მდებარე მხედრული წარწერით ირკვევა, რომ XVIII—XIX საუკუნეთა მიჯნაზე ხოდაშნის მონასტერი ისევ აოხრებულა<sup>(1)</sup>. მას 1817 წელს განმახლებლად მოვლენია ისევ ფილოთეოსის მონასტრიდან მოსული არხიმანდრიტი დომენტი. მას ნაგებობათა განახლების გარდა ეკლესია მოურთავს და მასაც აუშენებია წისქვილი, ზუარი საწნახელით და სახლები. წარწერა შეუსრულებია 1830 წელს, ხოლო 1836 წელს მასვე ერთი სახლიც აუგია<sup>(2)</sup>.



სურ. 1

კოზმან ბერის მიერ აგებული „მარანი ციხით“ იქვე დასავლეთით დგას, ეკლესიიდან ათიოდე მეტრის დაცილებით. ამ ნაგებობაში გარკვევით ჩანს მარნის შერწყმა თავდაცვით ნაგებობასთან (საფიქრებელია, რომ ეს „მარანი ციხით“ აგებული იქნება იმავე „მშრომელი გიორგის“ მიერ).

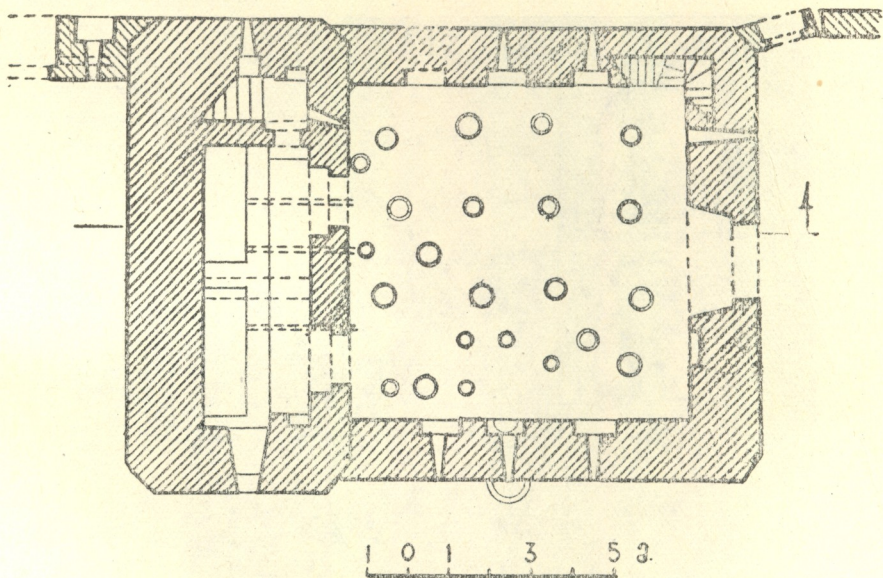
ეს შენობა შედგება ორი ნაწილისაგან (სურ. 2, 3, 4). ჩრდილოეთით მდგარი, გრძელი სამსართულიანი კოშკია, ხოლო აღმოსავლეთით მასზე მიდგმულია ორსართულიანი გრძელი მარანი. მარნის გეგმა კვადრატს უახლოვდება და მისი ფართობი თითქმის 55 მ<sup>2</sup>. მისი იატაკქვეშ ჩამარხულია ოცზე მეტი სხვადასხვა ზომის ქვევერი. ამ მარანში თუ სად იყო თავდაპირველი შესასვლელი გარკვევით არ ჩანს. ამჟამად ორი კარი აქვს. ერთი მათგანი აღმოსავლეთით

(<sup>1</sup> „კახეთს, თელავის უშხდის სოფელს ზემო ხოდაშნის, წმიდისა მთისა ათონისა ფილოთეოსის მონასტრის მეტოქე ეკლესია ხარებისა, ყოვლად წმიდისა ღვთისმშობელისა, განვახლე ყოვლითა სამკაულითა საეკლესიოთა და შევამკვე და აღუაშენე წისქვილი, ზუარი საწნახელითურთ და სახლებითა განვაშენე ჟამსა მოსვლისა ჩემისასა ჩვიზ წელსა ნათლისმცემლის მონასტრის არხიმანდრიტი დომენტი. დავითოვისაგან აღებული ვალი იყო, სომხისაგან, და სრულიად სოფელი და ყოველი ესე გირაოდ იყო და გარდავიხადე უშ (98) თეთრი ფული მანეთი და მივეცი მოვალეს მე ბერძენმან ფილოთეოსის მონასტრის მონახმა ანატოლიოს ზერას ქალაქის ეპარხიელისამან. ჩყო წელსა, თევგსა მაისსა“.

(<sup>2</sup> ამ ორსართულიანი სახლის ფრაგმენტი ჩაქსოვილია კოლმეურნეობის ახალ ნაგებობაში. ამ ნაგებობის კედელზე აკად. გ. ჩუბინაშვილის ცნობით, ყოფილა ქართული და ბერძნული [7] წარწერა. ქართული წარწერა ასე იკითხებოდა: „გალავანი ესე დაშენებულ არს კახეთს სოფელს ზემო ხოდაშნის და ეკუთვნის წმიდასა მონასტერს ქილათეოსისა, რომელი არს ათონის მთასა შა ხრ ამას შინა მდგომარე სახლი საფუძველითგან აღშენებულ არს შრომითა დე საკუთარის საფასითა მისივე მონასტრის არხიმანდრიტის კესარიოსისათა რღვა შებილ არს ქუეყანასა პელაპონისასა ქალაქსა შა არლუნს 1836 წელსა 20 მაისს“ (აკად. გ. ჩუბინაშვილს ამ სახლის აღწერილობის, ფოტოებისა და წარწერის მოწოდებისათვის უღრმეს მადლობას მოვასხნებ).



ცენტრში მდებარეობს. ეს განიერი და მაღალი შესასვლელი, ცხადია, თავდაპირველი არ არის, იგი იმ პერიოდისაა, როდესაც უკვე საშიშროება აღარ არსებობდა, მაგრამ გამორიცხული არ არის, რომ აქვე ყოფილიყო თავდაპირველი ვიწრო კარი. მარნის მეორე კარი მდებარეობს ჩრდილოეთით. მარნის საერთო გადაწყვეტისა და კერძოდ ჩრდილოეთის კედლის კომპოზიციის მიხედვით ამ კარის ადგილას, თავდაპირველად თაღოვანი ნიშა უნდა ყოფილიყო ცალმაგი სათოფით. ცალმაგი ნიშა ორია იქვე მარჯვნივ, ხოლო მოპირდაპირე კედელზე — სამი. ამ მარანთან ორი თაღოვანი კარით უშუალოდ დაკავშირებულია კომპლასპირველი სართული. ამ სართულის ჩრდილოეთის ბოლოში მდებარეობს ზემოთ ასასვლელი კიბის უჯრედი, ხოლო დანარჩენი მოკავებული აქვს საწნახელს.



სურ. 2

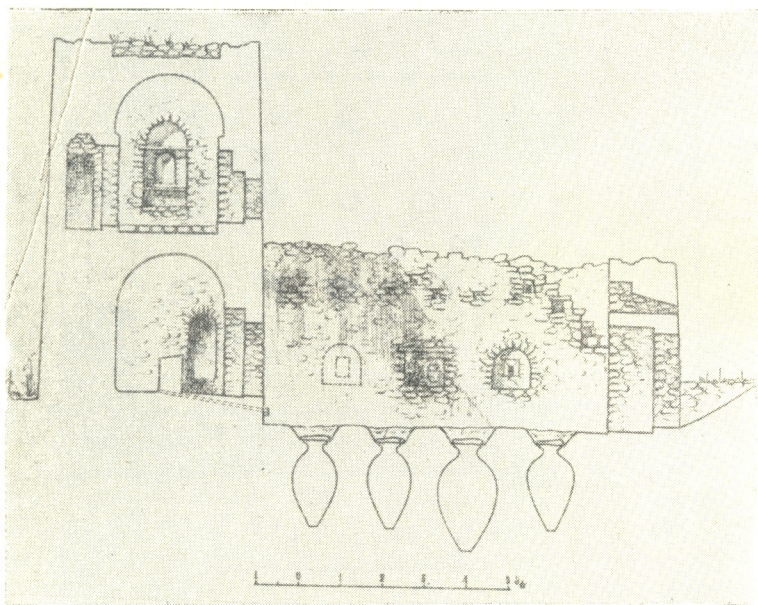
კაპიტალურკედლებიანი საწნახელი კარგადაა შელესილი. საწნახელი შუაზე კედლითაა გაყოფილი და სამი კერამიკული მილით გამოდის მარნის ტერიტორიაზე. მილების ბოლოებში ჩადგმულია ქვის 10—15-სანტიმეტრიანი ქვის ტუჩები. ამ ტუჩებიდან სხვადასხვა ზომის მოძრავი ხის ღარებით, ან სარწყულებით ღვინო ისხმებოდა ქვევრებში. მარანში ღვინის მიღება მარტო ამ საწნახელიდან არ ხდებოდა. ღვინო მოდიოდა გარედანაც. კედლის გარეთ ღვინის მისაღებად სპეციალური ნიჟარა იყო მოწყობილი. ამ ნიჟარიდან ღვინო შიგნითა ნიჟარაში შედიოდა.

მარნის მეორე სართული ვრცელ საცხოვრებელ-თავდაცვით სადგომს წარმოადგენდა. ამჟამად მხოლოდ მისი კედლის ქვედა ნაწილებია შერჩენილი. ამ ფრაგმენტების მიხედვით ირკვევა, რომ კედლებში ცალმაგი სათოფეები იყო განლაგებული (ზემოთ ალბათ სარკმელიც იქნებოდა). შენობის ჩრდილო-აღმოსავლეთის კუთხეში მოწყობილი ყოფილა კიბე მეორე სართულზე ასასვლელად. კედლის კიბე იწყება იატაკიდან, 1,5 მეტრის სიმაღლეზე, ძირს კი ხის კიბე იქნებოდა მიდგმული.



კოშკი გეგმით გრძელი სწორკუთხედიანია. სიგრძე სივანეს აღმატება თითქმის ორნახევარჯერ. ასეთი შეფარდების კოშკები არაა დამახასიათებელი საქართველოსათვის. ზოღაშენში კოშკის აგება ასეთი გეგმით შეპირობებული იყო მისი განსაკუთრებული დანიშნულებით. იგი განკუთვნილი იყო მარნის ნაწილად და იმავე დროს უნდა შეესრულებინა საცხოვრებელი და თავდაცვითი ნაგებობის ფუნქცია.

კედლები სხვადასხვა სისქისაა. კოშკის მარანთან მომიჯნავე კედელი ერთი მეტრის სისქისაა. ეს კედელი რადგან ნაგებობის შიგნით იყო მეტი სისქე არ სჭირდებოდა, მაგრამ გარე კედლები სქელია.



სურ. 3

კოშკის მეორე სართული ნაგებობის მფლობელის საცხოვრებელს წარმოადგენდა. იგი ორი ოთახისაგან შედგება. თითოეულ მათგანს გააჩნია ბუხარი და ორსართულიანი დიდი ნიშები. ზედა ნიშებში სათოფებია განლაგებული. მარნის მეორე სართულიან მაკავშირებელი კარი ჩრდილოეთის ოთახში იყო. იმავე ოთახის ჩრდილოეთის კედელში მოზრდილი სარკმელია. იქვე კიბის უჯრედში ღრმა ნიშაში მოთავსებულია საპირფარეშო. პირველი სართულის მსგავსად ეს სართულიც ცილინდრული კამარითაა გადახურული.

მესამე სართული ამჟამად თითქმის მოშლილია, მაგრამ ამ ხუთიოდე წლის წინად ჯერ კიდევ იდგა სახურავჩაქცეული კედლები. მაშინდელი ანაზომების მიხედვით ირკვევა, რომ ეს სართულიც საცხოვრებელსა და თავდაცვით სადგომს წარმოადგენდა. კედლებში ბლომად ყოფილა განლაგებული, როგორც ცალმაგი, ისე ორმაგი სათოფეები. ერთი დიდი სარკმელი ისევ ჩრდილოეთითაა, ზოლო იქვე დასავლეთით დიდი კარი იყო შვერლ აივანზე გასასვლელად.



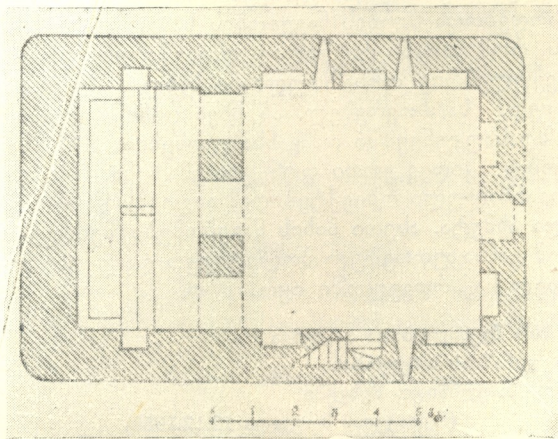
ასეთივე ღია აივანი მდებარეობდა მეორე სართულზე, სადაც მოხვედრა შეიძლებოდა კიბის ბაქანთან მდებარე კარიდან.

კოშკი ნაგებია რიყის ქვით. ინტერიერში კამარაზე და კონსტრუქციულ აღვილებში გამოყენებულია აგურიც (ზომით  $21-24 \times 4-5$  სმ). ფასადები წესიერადაა ნაგები, ქვის წყობაში დაცულია ჰორიზონტალობა. კოშკისა და მარნის კუთხეები ცერადაა ჩამოკვეთილი, რაც კედლების ოდნავ დაქანებასთან ერთად მდგრადობას აძლევს ნაგებობას. ხოდაშენის მარანი კოშკით, კარგად მოფიქრებული ნაგებობაა.

ახმეტის კოშკოვანი მარანი თითქოს ხოდაშენის კოშკოვანი მარნის ნაგებობის ტიპის განვითარების შემდეგ საფეხურს წარმოადგენს. იქ თუ კოშკი და მარანი კონსტრუქციულად ურთიერთ დაკავშირებული არ იყო, აქ ისინი ერთ მთლიანს წარმოადგენენ.

ახმეტის ნაგებობა გევმით გრძელი ოთხკუთხედიანია, რომელიც ხოდაშენის მაგალითის მსგავსად, შიგნით ორ არათანასწორ მონაკვეთადაა გაყოფილი. აღმოსავლეთის ნაწილი ვევმით აქაც კვადრატულია, და დასავლეთისა—გრძელი სწორკუთხედი (სურ. 5, 6).

ნაგებობის ქვედა სართული მარანს წარმოადგენდა, შემოსასვლელიც აქვეა აღმოსავლეთის ცენტრში (ამჟამად ნაწილობრივ გამოხგრეულია). შენობის კვადრატული ნაწილის იატაკქვეშ სხვადასხვა ზომის ქვევრებია ჩადგმული. შენობის



სურ. 6

ბის მეორე ნაწილის მთელ სიგრძეზე საწნახელია მოწყობილი. ეს ორი ნაწილი ერთმანეთთან სამი თალითაა შეერთებული. კვადრატული ნაწილის კედლებში ღრმა და შალაღი ისრული თაღებია განლაგებული. განათება ხდებოდა ჩდილოეთიდან ორი და სამხრეთიდან ერთი სარკმლით. შენობის ეს ნაწილი განმანაწილებელსაც წარმოადგენდა. აქედანვე შეიძლებოდა ზედა სართულებში მოხვედრა. კიბის უჯრედი მოწყობილია სამხრეთის კედელში. კიბის ზედა ბაქნოდან შევიძლიათ მოხვდეთ შენობის ორივე ნაწილში. აღმოსავლეთის ნაწილი საცხოვრებელია თავდაცვითი ელემენტებით. ამ სართულის დასავლეთის კედელში ორსართულიანი სამი ნიშია. ჩრდილოეთის კედლის ცენტრში დიდი კარია, გვერდებზე კი—თითო ნიში შეწყვილებული სათოფით. ასეთი ერთი ნიში სამხრეთითაცაა. იქვე შუაში ორიარუსიანი ნიშია, ზედაში შეწყვილებული



სათოფურით. აღმოსავლეთის კედლის ცენტრში ბუხარია, გვერდებზე კი — ორიარუსიანი თითო ნიში. ამ ნიშების ზედა იარუსებში თითო და შეწყვილებული სათოფეებია. თითო სარკმელი ამ ნიშების ზემოთაა. მესამე სათოფელზე ბუხარია იმავე მხარესაა. მის გვერდებზე ნიშებში დიდი ზომის სარკმელებია. მოპირდაპირე კედლის ისევ ცენტრში ბუხარია, გვერდებზე კი ნიშებია ნახევარწრიული თაღებით. სამხრეთის კედლის შუა ნიშში დიდი სარკმელია. მარცხნივ თაღოვან დიდ ნიშში შეწყვილებული სათოფეა. მარჯვნივ კარია კიბის უკრედში მოსახვედრად. აქედან შეიძლება მოხვედრა სახურავ ქვეშ. შენობის ჩრდილოეთის მხარეც ასევეა გადაწყვეტილი, მხოლოდ მარცხნივ კიბე ამოდის.

დასავლეთის მონაკვეთში, საწნახელის ზემოთ მდებარე ოთახი გრძელია. კამაროვანი გადახურით. იგი ნათდება დასავლეთიდან კამარაში მდებარე ორი სარკმლით და სამხრეთისა და ჩრდილოეთის თითო სარკმლით. გრძელ კედლებში საშუალო ზომის სამ-სამი თაღოვანი ნიშია. ამ ნიშებიდან გარე კედლის ნიშებში შეწყვილებული სათოფეებია. სამხრეთის კუთხეში სწორკუთხა ნიშია. მოპირდაპირე კედელზეც ასეა, მხოლოდ პატარა ბუხარია.

კოშკი ნაგებია რიყის ქვით აქა-იქ აგურის გამოყენებით.

გარედან კოშკი ერთ მთლიან მონუმენტურ მასივს წარმოადგენს. კედლები რიყის ქვის ზუსტი წყობითაა ამოყვანილი. ხოლამნის კოშკს თუ წიბოები მოკვეთილი ჰქონდა, აქ მომრგვალებულია.

როგორც ძეგლების განხილვამ გვიჩვენა, შუასაუკუნეების მანძილზე იცვლებოდა და ვითარდებოდა მარნის ნაგებობის სახე. მთელი ამ ხნის განმავლობაში არგად ჩანს, რომ მარანი მეტწილად დაკავშირებული იყო საცხოვრებელ ნაგებობებთან. ჩვეულებრივ ორსართულიანი სახლის ქვედა სათოფელი მარანს უკავია. ხალხი ხედა საცხოვრებელ, ან სხვა დანიშნულების სადგომს წარმოადგენს. გვიან შუასაუკუნეებში და განსაკუთრებით XVII საუკუნიდან ზოგიერთ ასეთ ნაგებობას კიდევ ერთი ფუნქცია ემატება, ის ხდება თავდაცვით ნაგებობად. ზემოგანხილული ობიექტებიდან ასეთებს წარმოადგენს ფიტარეთი, ზემო ხოლამნი და ახმეტა. ასეთი სახის ნაგებობები შეიძლება წარმოშობილიყო მხოლოდ იმ განსაკუთრებულ პოლიტიკურ და ეკონომიურ სიტუაციაში, რომელიც მაშინდელ საქართველოში იყო.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმი

(რედაქციას მოუვიდა 12.12.1958)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ივ. ჯავახიშვილი ი. მშენებლობის ხელოვნება ძველ საქართველოში. თბილისი, 1946, გვ. 22, 60.
2. ლ. მუსხელიშვილი ი. დმანისი. შოთა რუსთაველის ეპოქის მატერიალური კულტურა. თბილისი, 1938, გვ. 408—414.
3. ლ. მუსხელიშვილი ი. შ. ხიდაშელი და ვ. ჯაფარიძე. გუდარების პირველი და მეორე კამპანიის ანგარიში. თბილისი, 1954, გვ. 84—102, სურ. 34—38.
4. ი. ციციშვილი ი. მონასტრის არქიტექტურული კომპლექსი, აკად. ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის ინსტიტუტის „მიმომხილველი“, II, თბილისი, 1951, გვ. 288, სურ. 16—18.
5. გ. ჩიტაია. ფიტარეთისა და გუდარების საფლავის ქვები. საქართველოს მუზეუმის მოამბე, ტ. III, 1926, გვ. 118.
6. ტიმოთე გაბაშვილი ი. მიმოხილვა (გამოც. ელ. მეტრეველისა), თბილისი, 1956, გვ. 37, 38, 0202—0203.
7. თ. ყაუხჩიშვილი ი. ბერძნული წარწერები საქართველოში. თბილისი, 1951, გვ. 328—329.



ოცდამეორე ტომის უინაარსი

მათემატიკა

6. ვეკუა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).  
წრფივი შეუღლების ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ რამდენიმე უცნობი  
ფუნქციისათვის . . . . . 3

8. თევზაძე. ბადეთა თეორიის ერთი ამოცანისა და პრექტიული სივრცის ზო-  
გიერთი კლასის ზედაპირების შესახებ . . . . . 9

შ. მიქელაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).  
ზოგიერთი მაღალი რიგის იტერაციის შესახებ . . . . . 257

ა. ვალფიში. რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ განზოგადებული პენტაგონალური  
რიცხვების ჯამების სახით . . . . . 385

შ. მიქელაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).  
დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის ზოგადი რიცხვითი მეთოდი . . . . . 513

დ. პროცენკო. ინვარიანტული ზომის ერთი თვისების შესახებ . . . . . 519

6. ვეკუა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).  
კომის ამოცანა სინგულარული ინტეგრალ-დიფერენციალური განტოლებისა-  
თვის . . . . . 641

თ. ებანოიძე. ზოგიერთი არაწრფივი და სინგულარული ინტეგრალური განტო-  
ლების უსასრულო სისტემების შესახებ . . . . . 649

მეჩანება

ე. ობოლაშვილი. უმომენტო ელიფსური გარსის ერთი სასაზღვრო ამოცანის  
შესახებ . . . . . 393

ღრმაკადობის თეორია

3. კუპრაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). დრეკა-  
დობის თეორიის სასაზღვრო ამოცანების შესახებ უზნობრივ არაერთგვაროვანი  
ტანებისათვის . . . . . 129

დ. ცხოვრებაძე. პირველი სასაზღვრო ამოცანა კუძო სახის სიმეტრიული გარ-  
სისათვის . . . . . 137

3. კუპრაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). დრეკა-  
დობის თეორიის სასაზღვრო ამოცანების შესახებ უზნობრივ არაერთგვაროვანი  
ტანებისათვის. არსებობის თეორემის დამტკიცება . . . . . 265

3. კუპრაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). არაერთ-  
გვაროვანი დრეკადი ტანების სასაზღვრო ამოცანების თეორიისათვის . . . . . 401

3. კუპრაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). დრეკა-  
დობის თეორიის სასაზღვრო ამოცანების შესახებ უზნობრივ არაერთგვაროვანი  
ტანებისათვის . . . . . 521

ჰიპოთეზების

თ. ვინიჩი-სიანოჟინი და ვ. ლომთათიძე. კალაბრების ანგარიში  
წყლის დამყარებულ ნელცვლად მოძრაობაზე . . . . . 273

6. ჯორბენაძე. ბლანტი სითხის არასტაციონარული მოძრაობა ბრტყელ პარა-  
ლელურ ფოროვან კედლებს შორის . . . . . 617





ფიზიკა

ნ. წილოსანი. *π*-მეზონების დეიტონზე გაფანტვა და დეიტონის მაგნიტური მომენტი საშუალოდ ბმის თეორიით . . . . . 17

თ. გაჩეჩილაძე. კავშირი ახლო წესრიგის პარამეტრებს შორის . . . . . 145

ს. მატინიანი და ო. ჭეიშვილი. ელემენტარულ ნაწილაკთა გადამუხტვა ნუკლონებზე და დეიტონებზე . . . . . 281

ი. მამალაძე. დაგვიანების ეფექტის გათვალისწინების აუცილებლობის შესახებ რხევითი ექსპერიმენტის საფუძველზე კრიტიკული სიჩქარის განსაზღვრისას . . . . . 665

გეოფიზიკა

ა. ქარცივაძე. დახრილ ზედაპირზე მზის სხივების დაცემის კუთხის განსაზღვრის საკითხისათვის . . . . . 25

გ. მანაგაძე. სიმკვრივეთა გამყოფი ზედაპირის განსაზღვრის საკითხისათვის . . . . . 409

გ. ბერიშვილი. გეომაგნიტური ველის ვარიაციათა შესწავლის საკითხისათვის . . . . . 671

ასტრონომია

ა. ტაორონჯაძე. კაპტეინის 43 არეში შთანთქმის სიდიდეთა შესწორებული მნიშვნელობანი . . . . . 41

ასტროფიზიკა

ი. ქუმისიშვილი. ერიდანის *υ*-ს სიკაშკაშის ირეგულარული ცვალებადობის შესწავლა . . . . . 33

ა. სემიონოვი. მზის რადიოხმაურის გაზომვა 209 მეგაჰერცის სიხშირეზე . . . . . 413

ჰიშია

პ. კაკანაძე, ნ. ბრეგაძე და დ. ჩაკვეტაძე. ტყემლისა (*Prunus cerasipera ehrh.*) და ალუჩის (*Pruuus Vachushtii Bregadze*) ქართული ფორმის ქიმიური შედგენილობის საკითხისათვის . . . . . 151

ლ. ივანიცკი, ლ. ბერუჩაშვილი, ე. ნანობაშვილი. რენტგენული და  $\gamma$ -გამოსხივების მოქმედება მძიმე ლითონების კალოიდური სულფიდების, ფეროციანიდებისა და ფეროციანიდების სტაბილობაზე . . . . . 417

ქრ. არეშიძე. ციკლოპენტანის ჰომოლოგების იზომერირების რეაქციის მექანიზმი . . . . . 675

ბიოჰიშია

თ. კანდელაკი. ლეიკოციტების იმუნოქიმიის საკითხისათვის . . . . . 159

ნ. ჯაფარიძე. ზოგიერთი ფერმენტის აქტივობა ცერებროსპინალურ სითხეში ბავშვთა ტუბერკულოზური მენინგიტის დროს მკურნალობასთან დაკავშირებით . . . . . 529

ჰიშიური ტექნოლოგია

ე. ფირცხალავა, ი. ბალათუროვა და ე. ზედგინიძე. მარტენის წილის ვარგისობის გამოკვლევა წიდაპორტლანდცემენტის ჰიდრაულურ კომპონენტად . . . . . 163

გ. კაკაბაძე და პ. გაგნიძე. ბარიუმჰიდროქსანგის მიღება გოგირდბარიუმისა და მანგანუმის ორჟანგის ურთიერთქმედებით . . . . . 167

ვ. ზედგინიძე და თ. იოსელიანი. წიდაპორტლანდცემენტის დასამზადებლად ამიერკავკასიის მეტალურგიული ქარხნის ნაყარი ბრძმედული წილების ვარგისობის შესწავლის საკითხისათვის . . . . . 287



გეოგრაფია

ლ. მარუაშვილი. მეოთხეული პერიოდის თბილი და მშრალი ეპოქის („მინდღორისული ინტერგლაციის“) პალეოგეოგრაფიული პირობები კავკასიაში . . . . . 47

კ. სოხაძე და მ. სოხაძე. სამეგრელოს მთიანი ტყის ზონის ბოტანიკურ-გეოგრაფიული ზოგიერთი თავისებურების შესახებ . . . . . 535

დ. წერეთელი. ყინვარების ცვალებადობა კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე უკანასკნელი 20—25 წლის განმავლობაში . . . . . 681

კლიმატოლოგია

წ. ჩხაიძე. აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის მიდამოებში ატმოსფერული რეჟიმის ზოგი თავისებურების შესწავლისათვის . . . . . 295

გეოლოგია

ჩიხელიძე. ნახშირმყავა მინერალური წყლების დინამიკის თავისებურების ზოგიერთი შედეგი . . . . . 301

ო. ოქროპირიძე. ზოგიერთი მოსახრება ახალი ათონის მიდამოების მსხვილი ფორამინიფერების პალეოეკოლოგიის შესახებ . . . . . 425

გამყრელიძე. დინებითი დისლოკაცია ქეჩუთის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლური ფერდის ვულკანურ ლავებში . . . . . 541

ზ. ოთმეხური. ამთხელის ტყვია-თუთიის მადნეული ველის მადნეული სხეულების ფორმირების თავისებურებანი . . . . . 689

პეტროგრაფია

გ. ხარიძე და ნ. თათრისვილი. მეტასამატური წარმოშობის პეგმატიტური და პერტიტული სტრუქტურების შესახებ . . . . . 175

ო. დუდაური. მიკროპეგმატიტური სტრუქტურების წარმოშობის შესახებ სოფ. ფოლადაურის რაიონის ძარღველი ქანის მაგალითზე . . . . . 547

შ. ჯავახიშვილი. ყარაჩაევსკის რაიონის სერპენტინიტების ასაკის შესახებ . . . . . 695

პალეონტოლოგია

ლ. გაბუნია. ლისტროდონის პირველი მონაპოვარი საბჭოთა კავშირის მიოცენში . . . . . 55

კ. ბაღდასარიანი. ზოგიერთი ახალი მონაცემი საქართველოს თარხნული ჰორიზონტის შესახებ . . . . . 179

კ ჩოჩიყვა. გურიის ჩაუდური ჰორიზონტის ფლორის შესწავლისათვის . . . . . 185

მ. ფოფხაძე. დიმორფიზმი მხართფეხიანებში . . . . . 309

მინერალოგია

გ. ჩირაძე და ი. ჩეჩელაშვილი. ლოქის მასივის სამხრეთ-დასავლეთი პერიფერიის შუა ეოცენური ვულკანოგენი წყების მინერალოგიის შესახებ . . . . . 191

ტიჰნიკა

ა. მუჩაიძე. ცილინდრებში საწვავის მიწოდების უთანაბრობის გავლენა მრავალცილინდრიანი დეჟუმბიანი ძრავას სიჩქარის რეჟიმის მდგრადობაზე . . . . . 57

ო. კვირიკაძე. ბეტონების დეფორმაციის მოდულის შესახებ . . . . . 63

ლ. მუხაძე. კომპლექსური ფუნქციის გამოყენებით დამრეცი გარსების ანგარიში ზოლების მეთოდით . . . . . 313

გ. ამბოკაძე. ავტომობილის მექანიზმების საგამოცდო სტენდი . . . . . 321

დ. კერესელიძე. დაბალრესტრუქციანი ხახუნის ხიმინჯებანი საძირკვლების ანგარიშის შესახებ . . . . . 433

გ. შახრამიანოვი და ა. სოხაძე. გარსების მზებ ძალებზე ანგარიშის შესახებ . . . . . 441

ა. ჭანიშვილი. ჰაერის ბუშტულების ჰიდრავლიკური სიმსხვილე მათი ურთიერთქმედების პირობებში . . . . . 699





ბ. ცერცვაძე, გ. ჩიკოძე და თ. გაჩეჩილაძე. სიტყვათწარმოქმნის მათემატიკური თეორიის გამოყენება ქართული ენისათვის . . . . .	705
<b>სამშენებლო საქმე</b>	
ე. სალათელაძე. გეგმეპკორის საბადოს კირქვის კედლის მასალად გამოყენებისათვის . . . . .	553
ლ. მუხაძე. დამრეცი გარსების ანგარიშის ზოგიერთი კერძო შემთხვევა . . . . .	711
<b>ენმრბეტიკა</b>	
ჯ. ასათიანი. ელექტროფიცირებული რკინიგზის ელექტრომომარაგების სისტემის პარამეტრების დისკრეტული მნიშვნელობის ეკონომიური შერჩევა . . . . .	67
<b>მეტალურგია</b>	
ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ი. ბაიჩაძე, შ. შვილი და გ. ცაგარეიშვილი. მანგანუმის გავლენა თუჯის განგოგირდებზე ვაკუუმური დნობისას . . . . .	329
ლ. ოკლეი და ჯ. ლომსაძე. დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევა ცილინდრის განივად დასმისას . . . . .	337
<b>სამთო საქმე</b>	
ა. მიქელაძე. ნახშირის თხელი და საშუალო სისქის აშლილი ფენების დამუშავების ზოგიერთი თავისებურება . . . . .	71
ო. უკლება. ფენის გადაადგილების ჰორიზონტული პროექციის განსაზღვრის გრაფიკული მეთოდი . . . . .	719
<b>ბოტანიკა</b>	
ბ. დვინიანიძე. ოჯახ მიჩაისებრთა ტრიბა <i>Lycnideae</i> A. Br.-ს წარმომადგენელთა პლაცენტაციის შესწავლისათვის . . . . .	723
<b>მცენარეთა ფიზიოლოგია</b>	
გ. სანაძე. სინათლის როლი მცენარეთა მიერ ნივთიერებათა ცვლის აქროლადი ორგანული პროდუქტების წარმოქმნაში . . . . .	449
შ. ჭანიშვილი. რადიოფოსფორის განაწილების შესწავლისათვის ვახის ზოგიერთ საძირეში . . . . .	539
გ. სანაძე. მცენარეთა ფოთლების მიერ გამოყოფილი წყალბადის შესახებ . . . . .	563
<b>მეტყეობა</b>	
ა. გედენიძე. წაბლის ამონაყრითი განახლება . . . . .	343
<b>ზოოლოგია</b>	
თ. ქიქილაშვილი. თბილისის პირობებში ტკიპის <i>Schizotetranychus pruni</i> Oudm (Acarina, Tetranychidae) რიცხოვობრივობის სეზონური დინამიკის შესწავლისათვის . . . . .	195
ა. პატარძე. პალდოს წყალსაცვისა და მდინარე ივრის ოლიგონეტროფუნის შესწავლისათვის . . . . .	201
თ. როდონია და გ. ენუქიძე. ზოგიერთი მონაცემი საქართველოში ტრიქინელოზის შემთხვევების შესახებ გარეულ ძუძუმწოვარ ცხოველებში . . . . .	351
დ. კობახიძე, თ. სიხარულიძე და ი. სვანიძე. მასალები ეკოლოგიური გარემოს გავლენის შესახებ მხტომარე სწორფრთიანთა ზოგიერთი მწერის მხედველობის აპარატის სტრუქტურაზე . . . . .	569
თ. მუსხელიშვილი. სვანეთის ბატრახა-ჰერპეტოლოგიური ფაუნისათვის . . . . .	729
<b>ფიზიოლოგია</b>	
ს. ბაახოვა. ნათენში სომატოტოპური და ფუნქციური ლოკალიზაციის საკითხისათვის . . . . .	79
ა. ბაკურაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ა. აბესაძე და ა. სიხარულიძე. ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციური მდგომარეობის ცვალებადობა კუჭის მექანორეცეპტორების გალიზიანებასთან დაკავშირებით . . . . .	209

დ. ქაჯაია. ინტეროცეპტულ გაღიზიანებათა სუნთქვაზე გავლენის შესახებ . . . . .	215
ნ. ხერხეულიძე. კატების სივრცითი ორიენტაცია წრისებრი გადანაცვლების დროს . . . . .	355
თ. იოსელიანი. სპინალური რეფლექსების შეკავება ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების გაღიზიანებისას . . . . .	455
ა. გოგოშვილი. საირმის მინერალური წყლის კუჭის სკერციულ ფუნქციაზე მოქმედების მექანიზმის საკითხისათვის . . . . .	461
ნ. ხერხეულიძე. სივრცითი ორიენტაციის ონტოგენეზური განვითარება ბავშვებში . . . . .	573
ნ. სალუქვაძე. კუჭის პერიოდულ მოტორულ ფუნქციაზე ნოვოკაინის მოქმედების საკითხისათვის . . . . .	581

ექსპერიმენტული მემორია

ვლ. ქლენტი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი) და ლ. შარაშიძე. ფილტვების ინტრაორგანული ნერვული წარმოქმნების სტრუქტურულ ცვლილებათა დინამიკა ექსპერიმენტული ტუბერკულოზის დროს . . . . .	87
ო. ბურჯანაძე. ბრონქის დამუშავება სარკველოვანი დუბლიკაციის წესით . . . . .	223
გ. გურგენიძე. ცილოვანი დაშლის მაღალმოლეკულური პროდუქტების გავლენა ბრონქიოლების გლუვ კუნთზე . . . . .	227
დ. ბუაჩიძე. ცთომილი კურვის გავლენა პანკრეასის ზოგიერთ ფუნქციურ მდგომარეობაზე ობტურაციული სიყვითლის დროს ექსპერიმენტში . . . . .	233
ე. სემენსკაია. სისხლის შედედების სისტემა ფიზიოლოგიისა და მედიცინის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე . . . . .	361
ი. ანდელუაძე. ლუგვლას მინერალური წყლის გავლენა მუცლის ღრუს ექსუდატის ლეიკოციტების ფაგოციტურ უნარიანობასა და უჯრედოვან შემადგენლობაზე . . . . .	369
თ. სააკაშვილი. რედუცირებული სისხლის მიმოქცევის ექსპერიმენტული გამოკვლევა . . . . .	375
გ. სამსონიძე. რეგენერაციის პროცესში მყოფი თირკმლის ფუნქციის ცვლილება გადიდებული ფუნქციონალური დატვირთვის პირობებში . . . . .	469
შ. ბრეგვაძე. მიტრალური მანკით დაავადებულ ავადმყოფთა გულის რენტგენოკიმოგრაფიული მონაცემების ცვლილებები კურორტ წყალტუმბოში მკურნალობის გავლენით . . . . .	475
ა. სინარულიძე. შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის გავლენა ცხოველის ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციურ მდგომარეობაზე . . . . .	483
გ. იოსელიანი და ც. აბაკელია. სისხლის შემდედებული სისტემის და ცილოვანი ფრაქციების ცვლილებები პიკის დაავადების ექსპერიმენტული მოდელის შექმნისას . . . . .	587
გ. გურგენიძე. ექსპერიმენტული ბრონქიალური ასთმის მოდელი ბაჭიაზე . . . . .	593
დ. ბუაჩიძე. პანკრეასის მორფოლოგიური ცვლილებები ობტურაციული სიყვითლის დროს ექსპერიმენტში . . . . .	597
მ. მაჩაბელი. პლაზმაში ჰაეროვან-მშრალი ფიბრინის რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდისათვის . . . . .	733

კლინიკური მემორია

კ. კაციტაძე და ნ. იოვაშვილი. დიფთერიის ლაბორატორიული დიაგნოსტიკის საკითხისათვის . . . . .	95
ქ. გომელაური. ლვილის ფუნქციური მდგომარეობის საკითხისათვის ბოტკინის დაავადების დროს კამპოლონითა და მეთიონინით მკურნალობასთან დაკავშირებით . . . . .	237
ს. ბაზოვა. ქრონქსიმეტრიული კანონზომიერებანი თაერაციის შემდგომ ქალას-შიგნითა ჰიპერტენზიის გაძლიერების პერიოდში სპინალური პუნქციის წინ და მის შემდეგ . . . . .	245





მ. ღირდალაძე. საერთო რკინის რაოდენობა და მისი დინამიკა ძვლის ტვისა და პერიფერიულ სისხლში ჰიპოქრომულ-ჰიპოხრომეგრატორული ანემიების მკურნალობისას . . . . .	491
ს. ბააზოვა. კუნთის ტონუსის მდგომარეობა ნათხემის ბუდობრივი დაზიანების დროს . . . . .	601
მ. კახიანი. შარდის პოტენციური მჟავობის ცვალებადობა გულის ფუნქციური ნაკლოვანების დროს . . . . .	607
ა. ჟღენტი. ბორჯომის მინერალური წყლის გავლენა კუჭის შეწოვით ფუნქციონზე ზოგიერთი დაავადების დროს . . . . .	611
ნ. კალანდაძე. ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილების სტრუქტურული ცვლილებანი ღვიძლის კიბოს დროს . . . . .	737
ლ. მესხი. ადამიანის ზოგადი გახთაცვლის შედარებითი შესწავლა „კლასიკური“ და „დოზირებული სუნთქვის“ მეთოდით . . . . .	743

ენათმეცნიერება

ტ. გუდავა. ვრთი რიგის თანხმევანთა ცვლილებებისათვის ხუნძურ-ანდიურ ენებში . . . . .	101
ზ. ჯაფარიძე. ზმნის ძირითად ფორმათა წარმოების საკითხისათვის ხუნძურ ენაში . . . . .	619
ალ. მაჭომეტოვი. გრამატიკული კლას-კატეგორიის შესახებ ტაბასარანულ ენაში . . . . .	751

ეთნოგრაფია

გ. ჯალაბაძე. აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანეთის სამიწათმოქმედო იარაღები . . . . .	107
---	-----

ისტორია

დ. ხახუტაიშვილი. ანტიკური ხანის ქართლის (იბერიის) ქალაქების გეოგრაფიული განლაგების საკითხისათვის . . . . .	499
გ. აკოფაშვილი. აზნაურთა ფენის ზოგიერთი თავისებურება ფეოდალურ საქართველოში . . . . .	627
ი. უთურაშვილი. ერთი ზეპირგადმოცემის შესახებ საქართველოში ალა-მაჰმად-ხანის შემოსევისთან დაკავშირებით . . . . .	633

არქეოლოგია

დ. კაპანაძე. უცხო ნიმუშების მიხედვით საქართველოში მოჭრილი ზოგიერთი მონეტის წარმოშობის საკითხისათვის . . . . .	115
ი. ჯალაღანი. XIV საუკუნის თბილური მონეტების ლენინგორის განძი . . . . .	251

მეცნიერების ისტორია

ვ. პარკაძე. ერთი საკითხი ფიზიკის ისტორიისა საქართველოში . . . . .	505
---	-----

ხელოვნების ისტორია

რ. ყენია. ხანულის ღვთისმშობლის ხატის მოჭედილობის საკითხისათვის . . . . .	121
ლ. შერვაშიძე. XVI საუკუნის ერთი ქართული ხელნაწერის მინიატურების თავისებურებათა შესახებ . . . . .	379
პ. ხაქარაია. თავდაცვით ნაგებობებთან მარნის კავშირის საკითხისათვის გვიანი შუასაუკუნეების საქართველოში . . . . .	759

ოცდამეორე ტომის შინაარსი . . . . .	767
ავტორთა საძიებელი . . . . .	773

ს ა მ ტ ო რ ტ ა ს ა ძ ი ე ბ ე ლ ი

- აბაკელია ც. 587  
 აბესაძე ა. 209  
 აკოფაშვილი გ. 627  
 ამბოკაძე გ. 321  
 ანდლულაძე ი. 369  
 არეშიძე ქრ. 675  
 ასათიანი ჯ. 67  
 ბააზოვა ს. 79, 245, 601  
 ბაირამაშვილი ი. 329  
 ბაკურაძე ა. 209  
 ბალათუროვა ი. 163  
 ბაღდასარიანი კ. 179  
 ბერიშვილი გ. 671  
 ბერუჩაშვილი ლ. 417  
 ბრეგაძე ნ. 151  
 ბრეგვაძე შ. 475  
 ბუაჩიძე დ. 233, 597  
 ბურჯანაძე თ. 223  
 გაბუნია ლ. 55  
 გაგნიძე პ. 167  
 გამყრელიძე ე. 541  
 გაჩეჩილაძე თ. 145, 705  
 გედენიძე ა. 343  
 გოგოშვილი ა. 461  
 გომელაური ქ. 237  
 გულავა ტ. 101  
 გურგენიძე გ. 227, 593  
 დუღაური თ. 547  
 ებანოიძე თ. 649  
 ფნუქიძე გ. 351  
 ვალფიში ა. 385  
 ვეკუა ნ. 3, 641  
 ვოინიჩ-სიანოყენცკი თ. 273  
 ზარიძე გ. 175  
 ზაქარაია პ. 759  
 ზედგინიძე ე. 163  
 ზედგინიძე ვ. 287  
 თავაძე ფ. 329  
 თათრიშვილი ნ. 175  
 თევზაძე გ. 9  
 ივანიცკი ლ. 417  
 იოვაშვილი ნ. 87  
 იოსელიანი გ. 587  
 იოსელიანი თ. 287, 455  
 კაკაბაძე ვ. 167  
 კალანდაძე ნ. 7:7  
 კანდელაკი თ. 159  
 კაპანაძე დ. 115  
 კაპანაძე პ. 151  
 კაციტაძე კ. 95  
 კახიანი მ. 607  
 კერესელიძე დ. 433  
 კვორიკაძე თ. 63  
 კობახიძე დ. 569  
 კუპრაძე ვ. 129, 265, 401, 521  
 ლომთათიძე ვ. 273  
 ლომსაძე ჯ. 337  
 მამალაძე ი. 665  
 მანაგაძე გ. 409  
 მარუაშვილი ლ. 47  
 მატინიანი ს. 281  
 მაჩაბელი მ. 733  
 მაჰომეტოვი ალ. 751  
 მესხი ლ. 743  
 მიქელაძე ა. 71  
 მიქელაძე შ. 257, 513  
 შუსხელიშვილი თ. 729  
 მურაიძე ა. 57  
 მუხაძე ლ. 313, 711  
 ნანობაშვილი ე. 417



- ობოლაშვილი ე. 393  
 ოთხმეზური ზ. 689  
 ოკლეი ლ. 337  
 ოქრობირიძე ო. 425  
 ბარკაძე ვ. 505  
 ბატარიძე ა. 201  
 ბროცენკო დ. 519  
 ჟიჟილაშვილი თ. 195  
 ჟღენტი ა. 611  
 ჟღენტი ვლ. 87  
 როდონაია თ. 351  
 სააკაშვილი თ. 375  
 სალუქვაძე ნ. 581  
 სამსონიძე გ. 469  
 სანაძე გ. 449, 563  
 ხალათელი ე. 553  
 სემენსკაია ე. 361  
 სემიონოვი ა. 413  
 სვანიძე ი. 569  
 სიხარულიძე ა. 209, 483  
 სიხარულიძე თ. 569  
 სოხაძე ა. 441  
 სოხაძე ე. 535  
 სოხაძე მ. 535  
 ტორონჯაძე ა. 41  
 უთურაშვილი ი. 633  
 უკლება ო. 719  
 ფირცხალავა ე. 163  
 ფოფხაძე მ. 309  
 ქარცივაძე ა. 25  
 ქაჯაია დ. 215  
 ქუმსიაშვილი ი. 33  
 ღვინიაიძე ზ. 723  
 ღირდალაძე მ. 491  
 ყენია რ. 221  
 შარაშიძე ლ. 87  
 შახრომანოვი გ. 441  
 შერვაშიძე ლ. 379  
 ჩაკვეტაძე დ. 151  
 ჩეჩელაშვილი ი. 191  
 ჩიკოიძე გ. 705  
 ჩიხელიძე ს. 301  
 ჩიხრაძე გ. 191  
 ჩოჩიევა კ. 185  
 ჩხაიძე შ. 295  
 ცაგარეიშვილი გ. 329  
 ცერცვაძე ბ. 705  
 ცხოვრებაძე დ. 137  
 წერეთელი დ. 681  
 წილოსანი ნ. 17  
 ტანიშვილი ა. 699  
 ტანიშვილი შ. 559  
 ტეიშვილი ო. 281  
 ხახუტაიშვილი დ. 499  
 ხერხეულიძე ნ. 355, 573  
 ჯავახიშვილი შ. 695  
 ჯაღაბაძე გ. 107  
 ჯალალანია ი. 251  
 ჯაფარიძე ზ. 619  
 ჯაფარიძე ნ. 529  
 ჯორბენაძე ნ. 657

სარედაქციო კოლეგია

ჟ. ანდრონიკაშვილი, ა. ბოჭორიშვილი, ი. გიგინეიშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ლ. დავითაშვილი, რ. დვალი (მთავარი რედაქტორი), ნ. კეცხოველი, ვ. მახალდიანი, ნ. მუსხელიშვილი, რ. შადური (მთ. რედაქტორის მოადგილე), გ. ციციშვილი, გ. წერეთელი, ა. წულუჭიძე, ა. ჯანელიძე

ხელმოწერილია დასაბუქდად 22.6.1959; შეკვ. № 805; ანაწყოების ზომა 7×11; ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 8,46; ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 13,94; უფ 03803; ტირაჟი 800.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, გ. ტაბიძის ქ. № 3/5  
Типография Издательство Академии Наук Грузинской ССР, ул. Г. Табидзе, № 3/5



დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრის“ შესახებ

1. „მოაზრეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკები-სა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.

2. „მოაზრე“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.

3. „მოაზრე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 8 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი წლის ნაკვეთები (სულ 6 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.

4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.

5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს; აბ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.

6. მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსებისა და წევრი-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოაზრის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრი-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრი-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.

7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალად თითოეულ ენაზე, სავსებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.

8. დამოწმებულ ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდა გვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ავტორის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენებია უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა სათანადო ენებზე უნდა აღნიშნოს დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციის მიერ 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, ძეგლისკის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XXII, 1959

Основоизд. грузинское издание





დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა  
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
პრეზიდიუმის მიერ 31.1.1957 წ.

დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი 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 თაბახის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი წლის ნაკვეთები (სულ 6 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.
5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს; არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსებისა და წევრი-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრი-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრი-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალად თითოეულ ენაზე, სავსებით 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 შექვლებსა და გვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ეურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილის ბოლოში ერთგვის 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.

კამლახციის მისამართი: თბილისი, ძეგლნიძის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XXII, № 6, 1959

Основное, грузинское издание