

524

1962

ქართული  
ბიბლიოთეკა

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის  
გ მ მ გ ე

გომი XXVIII, № 2

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1962

თბილისი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა  
თბილისი



# შ ი ნ ა ა რ ს ი

## მათემატიკა

დ. ხარაზოვი და ბ. ხვედელიძე. ზოგიერთი შენიშვნა კოშის გულიან სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიის შესახებ . . . . . 129

## ჰიდრაგლიკა

გ. მესხი. სითხის ზემოაფორი ნაკადების ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმის შესახებ . . . . . 137

## გიოფიზიკა

დ. ციციშვილი, ლ. ტანტუროშვილი, გ. ტატიშვილი. ზღვის სანაპირო ზოლში ტალღის მოქმედებით გამოწვეული ელექტრული პოტენციალის შესახებ . . . . . 145

## ბიზი

ლ. მელიქაძე და გ. ქიქოძე. ციკლურ ნაწიწკალებადებში გვერდითი ჯაჭვების განსახლებისათვის . . . . . 153

ს. პაპუაშვილი, მ. გერგაია. ტემპერატურის გავლენა მკვითი გააქტივებულ ბენტონიტური თიხების გაცვლით მეფიანობაზე . . . . . 159

## გეობრავი

ს. ნემანიშვილი. ნეოტექტონიკის ზოგიერთი ნიშანი მდ. ენგურის აუზში . . . . . 167

გ. კუროდელიძე. ქარისა და ტემპერატურისაგან წარმოქმნილი ფორმები (ანტარტიდა) . . . . . 173

რ. კვერენჩილაძე. სამხრეთ ოსეთის მოსახლეობის გეოგრაფიისათვის . . . . . 181

## გეოლოგია

ე. გამყრელიძე. რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის ჩრდილო ფრთის ქვედაკარცული ნალექების სტრატეგრაფიისათვის . . . . . 187

## ბალეონტოლოგია

ნ. ჯანელიძე. ახალი მონაცემები პონტურ და კიმერიულ მოლუსკურ ფაუნათა ფილოგენეზური კავშირების შესახებ . . . . . 195

## ტექნიკა

ნ. ეოტელიანი. დეფორმაციის მეთოდით თავისუფალ რხევათა სიხშირების განსახლების საკითხისათვის . . . . . 203

## გეტალუგია

ე. ბაკაშვილი, ი. ტარნოვსკი და გ. ხასინი. მზურვალმტიკე, უკანგვი ფოლადებისა და შენადნობების პლასტიკურობა მაღალი ტემპერატურისას . . . . . 211

## სამედიკო სამედი

ი. ჯანჯღაჯვა. კაბიტალური თარაზული გვირაბებისათვის რაციონალური ტიპის სამაგრის არჩევის საკითხისათვის . . . . . 217

## მცენარეთა ფიზიოლოგია

ნ. ლევაშინაძე. მიკროლოზგანიზმები, როგორც ვიტამინების დაგროვების ერთ-ერთი წყარო ნიადაგში . . . . . 223

## ფიზიოლოგია

ი. აივაზაშვილი. საკვებთან შეუღლებლად ძალის პირობით-მობრალბითი რეაქციის გამომწვევების შესაძლებლობის შესახებ . . . . . 227

## ანატომია

დ. ნაკაშიძე. ოსტეობლასტოკლასტომების (გიგანტუჯრედოვან სიმსივნეთა) მიკროსტრუქტურის თავისებურებათა ბროგნოზული მნიშვნელობის შესახებ . . . . . 235

## კლინიკური მდიცინა

ლ. ძღენტი. უბუღსო დაავადების შემთხვევა . . . . . 243

## ფსიქოლოგია

ნ. ციციშვილი. რიცხვის ჩაწერა თვლის სხვადასხვა სისტემაში საშუალო სკოლის V კლასში (11—12 წ.) . . . . . 249



მათემატიკა

დ. ხარაზოვი და ბ. ხშიდელიძე

ზოგიერთი წინაშესაშინა კოშის გულიან სინგულარულ  
ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიის შესახებ

(წარმოდგინა აკადემიოსმა ნ. ვეჟუაშვილმა 7.2.1961)

8789

1. ამ წერილში მიღებულია ზოგიერთი შედეგი, რომელიც შეეხება სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა ამოხსნების ფუნქციონალური თვისებების შესწავლას, განტოლების კოეფიციენტების ცნობილი ხასიათის მიხედვით. გარდა ამისა, სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა ზოგიერთი კლასისათვის დადგენილია იმის აუცილებელი პირობა, რომ მათთვის ადგილი ჰქონდეს ნეტერის თეორემებს.

2. ვთქვათ,  $E$  ბანახის რომელიმე სივრცეა; ამ სივრცის ელემენტის ნორმა და შეუღლებული სივრცე აღვნიშნოთ შესაბამისად ასე:  $\|x\|_E$  და  $E^*$ ;  $A$  წრფივი (ადიტიური, ერთგვაროვანი და შემოსაზღვრული) ოპერატორია, რომელიც  $E$ -ს გადასახავს  $M$  ბანახის სივრცეში:  $A(E) \subseteq M$ ; მისი შეუღლებული ოპერატორი აღვნიშნოთ ასე:  $A^*(A^*(M^*) \subseteq E^*)$ .  $Ax=0$  განტოლების ამოხსნათა ქვესივრცე  $E_0(A)$ -თი აღვნიშნოთ:  $E_0(A) \subseteq E$ . ვთქვათ,  $\alpha(A, E) = \dim E_0(A)$ ,  $\alpha(A^*, M^*) = \dim M_0^*(A^*)$ . თუ  $\alpha(A, E) < +\infty$ ,  $\alpha(A^*, M^*) < +\infty$ , მაშინ რიცხვს  $\chi(A, E) = \alpha(A, E) - \alpha(A^*, M^*)$  ვუწოდოთ  $A$  ოპერატორის ინდექსი  $E$  სივრცეში.

ოპერატორს ეწოდება ნეტერის ოპერატორი, თუ: 1)  $\alpha(A, E) < +\infty$ ,  $\alpha(A^*, M^*) < +\infty$ ; 2) განტოლება  $Ax=y$  ( $x \in E, y \in M$ ) ნორმალურად ამოხსნადია. თუ, გარდა ზემოაღნიშნული პირობებისა,  $\chi(A, E) = 0$ , მაშინ  $A$  ოპერატორს ეწოდება ფრედჰოლმის ოპერატორი.

ვთქვათ,  $E_1, E_2, M_1$  და  $M_2$  ბანახის სივრცეებია. არაა ძნელი დავრწმუნდეთ, რომ ადგილი აქვს შემდეგ თეორემებს:

თეორემა 1. ვთქვათ,  $E_1 \subseteq E_2$ ,  $M_1 \subseteq M_2$  და  $A$  წრფივი ოპერატორი, ისეთია, რომ  $A(E_1) \subseteq M_1$ ,  $A(E_2) \subseteq M_2$ . თუ  $\|x\|_{M_1} < C \|x\|_{M_2}$  ( $x \in M_1$ ,  $C$  გარკვეული მუდმივია),  $\chi(A, E_1) = \chi(A, E_2)$ , მაშინ  $Ax=0$  განტოლების ნებისმიერი ამოხსნა  $E_2$  სივრცეში ეკუთვნის  $E_1$  სივრცეს, ხოლო  $A^*f=0$  განტოლების ნებისმიერი ამოხსნა  $M_1^*$  სივრცეში ეკუთვნის  $M_2^*$ .

თეორემა 2. თუ შესრულებულია წინა თეორემის პირობები და, გარდა ამისა,  $A$  ოპერატორი ნორმალურად ამოხსნადია, როგორც  $E_1$ , ისე  $E_2$  სივრცეში, მაშინ, როცა  $y \in M_1$  და  $Ax=y$  განტოლება ამოხსნადია  $E_2$  სივრცეში, მისი ნებისმიერი ამოხსნა მოთავსდება  $E_1$  სივრცეში.

9. „მოამბე“, ტ. XXVIII, № 2, 1962



იმ კერძო შემთხვევაში, როცა  $E_1 = M_1$ ,  $E_2 = M_2$  და  $x(A, E_1) = 0$ , პირველი თეორემა დამტკიცებულია პ. ლაქსის [1] მიერ.

3. ვთქვათ,  $\Gamma$  შეკრულ ან გახსნილ ლიაბუნოვის მარტივ წირთა ურთიერთარაგადამკვეთი სასრული ერთობლიობაა;  $\rho(t)$  — არაუარყოფითი ზომადი ფუნქცია, განსაზღვრული  $\Gamma$ -ზე. თუ  $\Gamma$ -ზე განსაზღვრული  $f(t)$  ზომადი ფუნქცია ისეთია, რომ ნამრაველი  $\rho(t)|f(t)|^p$  ჯამადია  $\Gamma$ -ზე, მაშინ ჩვენ ვიტყვით, რომ  $f(t)$  ეკუთვნის  $L_p(\Gamma; \rho)$  კლასს. თუ  $\rho(t) = 1$ , მაშინ ნაცვლად  $L_p(\Gamma; 1)$ -სა, დავწერთ  $L_p(\Gamma)$ .

ვიგულისხმობთ, რომ  $p > 1$  და  $\rho(t) \in L_{1-p}(\Gamma)$ , სადაც  $q = p(p-1)^{-1}$ . განვსაზღვროთ  $L_p(\Gamma; \rho)$  კლასის ფუნქციებისათვის ნორმა შემდეგი ფორმულით:

$$\|f\| = \left\{ \int_{\Gamma} \rho(t) |f(t)|^p ds \right\}^{\frac{1}{p}}$$

ეს ნორმა  $L_p(\Gamma; \rho)$  ფუნქციათა კლასს გადააქცევს ბანახის სივრცედ, რომელსაც იმავე  $L_p(\Gamma; \rho)$  სიმბოლოთი აღვნიშნავთ. აღვიღია დარწმუნება (იხ. [2]), რომ  $L_p(\Gamma; \rho)$  სივრცეზე განსაზღვრული ნებისმიერი წრფივი ფუნქციონალი წარმოიდგინება ფორმულით

$$I\varphi = \int_{\Gamma} \varphi(t) \psi(t) dt, \quad \psi(t) \in L_q(\Gamma; \rho^{1-p}),$$

საიდანაც, თავის მხრივ გამომდინარეობს, რომ  $L_p(\Gamma; \rho)$  სივრცის შეუღლებული სივრცეა  $L_q(\Gamma; \rho^{1-p})$ .

განვიხილოთ  $f(t)$  ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრულია  $\Gamma$  წირზე  $c$  წერტილის მახლობლად, გარდა შეიძლება თითონ  $c$  წერტილისა. ვიგულისხმობთ, რომ არსებობს ზღვრები  $f(c-0)$ ,  $f(c+0)$  და  $f(c-0) \neq f(c+0)$ . ვთქვათ,  $c$  წერტილი წარმოადგენს შიგა წერტილს  $\Gamma$  წირის  $ab$  რკალისას. შემდეგში, როცა  $f(t)$  ფუნქციას განვიხილავთ  $ac$  ან  $cb$  დახურულ რკალებზე, მაშინ მას  $c$  წერტილში მივაწერთ სათანადოდ  $f(c-0)$  და  $f(c+0)$  მნიშვნელობებს.

თუ  $f(t)$  ფუნქცია განიცდის ზემოაღნიშნული სახის წყვეტას  $c_1, c_2, \dots, c_m$  წერტილებში, ხოლო ყოველ დახურულ რკალზე, რომელიც მოთავსებულია ორ მეზობელ  $c_k$  წერტილებს შორის, იგი უწყვეტია, მაშინ ჩვენ ვიტყვით, რომ  $f(t)$  ეკუთვნის  $C(\Gamma; c_1, \dots, c_m)$  კლასს.

განვიხილოთ ახლა კოშის გულიანი სინგულარული ინტეგრალური განტოლება

$$N\varphi \equiv a(t)\varphi(t) + b(t)S\varphi + V\varphi = f(t), \quad (1)$$

სადაც  $a(t)$ ,  $b(t)$ ,  $f(t)$  არიან  $\Gamma$ -ზე განსაზღვრული ცნობილი ფუნქციები,  $\varphi(t)$  საძიებელი ფუნქციაა,  $V$  — საცვებით უწყვეტი ოპერატორი იმ სივრცეში, რომელშიაც უნდა განისაზღვროს  $\varphi(t)$ .

$$S\varphi \equiv \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\varphi(\tau)}{\tau-t} d\tau, \quad t \in \Gamma$$

(ინტეგრალი განხილულია კოშის მთავარი მნიშვნელობის აზრით). ვივლის-ხმოთ ჯერ, რომ  $\Gamma = \Gamma_1 + \dots + \Gamma_n$  შედგება მხოლოდ შეკრული წირებისაგან,  $a(t), b(t)$  უწყვეტი ფუნქციებია  $\Gamma$ -ზე, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობას  $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$ ,  $f(t) \in L_p(\Gamma)$ ,  $p > 1$ ,  $V$  საესებით უწყვეტი ოპერატორია განსაზღვრული  $L_p(\Gamma)$  სივრცეში, ხოლო საძიებელი ფუნქციაა  $\varphi(t) \in L_p(\Gamma)$ . ამ პირობებში, როგორც ცნობილია [2],  $N$  არის ნეტერის ოპერატორი  $L_p(\Gamma)$  სივრცეში და მისი ინდექსი გამოითვლება ფორმულით

$$\chi(N; L_p(\Gamma)) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{2\pi i} \left\{ \ln \frac{a(t)-b(t)}{a(t)+b(t)} \right\}_{\Gamma_k}, \quad (2)$$

სადაც  $\{ \}_{\Gamma_k}$  აღნიშნავს ფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულების ნაზრდს, როცა  $t$  ერთხელ შემოივლის  $\Gamma_k$  წირს დადებითი მიმართულებით.

ვთქვათ,  $p_1$  და  $p_2$  ნამდვილი რიცხვებია ისეთი, რომ  $1 < p_1 < p_2$ . მაშინ  $L_{p_1}(\Gamma) \subset L_{p_2}(\Gamma)$  და როგორც უნდა იყოს  $\varphi \in L_{p_2}(\Gamma)$ , ადგილი აქვს უტოლობას  $\|\varphi\|_{L_{p_1}(\Gamma)} \leq C_{p_1, p_2} \|\varphi\|_{L_{p_2}(\Gamma)}$ , სადაც  $C_{p_1, p_2}$  დამოკიდებულია მხოლოდ  $p_1$  და  $p_2$ -ზე. (2) ფორმულიდან ცხადია, რომ  $\chi(N; L_{p_1}(\Gamma)) = \chi(N; L_{p_2}(\Gamma))$ . ზემოაღნიშნულიდან, 1 და 2 თეორემების საფუძველზე, უშუალოდ გამომდინარეობს

თეორემა 3. თუ  $V$  ოპერატორი ისეთია, რომ მას  $L_{p_1}(\Gamma)$ ,  $L_{p_2}(\Gamma)$  სივრცეები გადაჰყავს თავის ნაწილში<sup>(1)</sup>, მაშინ: 1)  $N\varphi = 0$  ერთგვაროვანი განტოლების ნებისმიერი ამოხსნა  $L_{p_1}(\Gamma)$  სივრცეში ეკუთვნის  $L_{p_2}(\Gamma)$  სივრცეს, კერძოდ, თუ  $V$  ოპერატორს  $L_p(\Gamma)$  სივრცე გადაჰყავს თავის ნაწილში<sup>(2)</sup>, როგორც უნდა იყოს  $p > 1$ , მაშინ  $N\varphi = 0$  ერთგვაროვანი განტოლების ყოველი ამოხსნა, რომელიმე  $L_{p_0}(\Gamma)$ ,  $p_0 > 1$ , სივრცეში ეკუთვნის ნებისმიერ  $L_p(\Gamma)$ ,  $p > 1$ , სივრცეს; 2) თუ  $f \in L_{p_2}(\Gamma)$  და (1) არაერთგვაროვანი განტოლება ამოხსნაღია  $L_{p_1}(\Gamma)$  სივრცეში, მაშინ მისი ამოხსნა მიეკუთვნება  $L_{p_2}(\Gamma)$  სივრცეს.

ვივლისხმოთ ახლა, რომ  $a(t), b(t) \in C(\Gamma; c_1, \dots, c_m)$ ,  $\Gamma$ —სასრული ერთობლიობაა შეკრული და გახსნილი ლიაპუნოვის წირებისა, ამასთან გახსნილი

(<sup>1</sup> ამ პირობას აკმაყოფილებს მაგალითად ოპერატორის სუსტი სინგულარობით  $V\varphi = \int_{\Gamma} |\tau-t|^{-\alpha} K(t, \tau) \varphi(\tau) d\tau$ , სადაც  $0 \leq \alpha < 1$ , ხოლო  $K(t, \tau)$ —შემოსაზღვრული ზომადი ფუნქციაა  $\Gamma \times \Gamma$ -ზე.



წირების ყველა ბოლო წერტილი მოთავსებულია  $c_1, \dots, c_m$  წერტილთა სიმრავლეში. ვიგულისხმობთ, გარდა ამისა, რომ  $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$  ყველგან  $\Gamma$ -ზე,  $c_k$  ( $k=1, \dots, m$ ) წერტილებში ამ უკანასკნელ პირობას აკმაყოფილებს  $a^2(t) - b^2(t)$  ფუნქციის სასაზღვრო მნიშვნელობები. განვიხილოთ ფუნქცია

$$A(t) = \frac{a(t) - b(t)}{a(t) + b(t)}$$

და შემოვიღოთ აღნიშვნები

$$\alpha_k = n_k - \frac{1}{2\pi} \arg \frac{A(c_k - 0)}{A(c_k + 0)} \quad (k=1, \dots, m), \quad (3)$$

სადაც

$$n_k = \begin{cases} 0, & \text{თუ } \frac{A(c_k - 0)}{A(c_k + 0)} \text{ ნამდვილი დადებითი რიცხვია,} \\ \left[ \frac{1}{2\pi} \arg \frac{A(c_k - 0)}{A(c_k + 0)} \right] + 1 & \text{დანარჩენ შემთხვევებში} \end{cases} \quad (4)$$

ამასთან, თუ  $c_k$  გახსნილი წირის კიდურა წერტილია, მაშინ (3) ტოლობაში საჭიროა ავიღოთ  $A(c_k - 0) = 1$ , როცა  $c_k$  საწყისი წერტილია, ხოლო  $A(c_k + 0) = 1$ , როცა  $c_k$  ბოლო წერტილია.

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\rho(t) = \prod_{k=1}^m |t - c_k|^{\alpha_k(p-1)}, \quad p > 1, \quad (5)$$

სადაც  $\alpha_k$  რიცხვები განსაზღვრულია (3) ტოლობით.

[2] ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ, თუ  $V$  საესეებით უწყვეტი ოპერატორია  $L_p(\Gamma; \rho)$ ,  $p > 1$ , სივრცეში  $(\rho(t))$  განსაზღვრულია (5) ტოლობით),  $a(t), b(t) \in C(\Gamma; c_1, \dots, c_m)$  და ყველგან  $\Gamma$ -ზე  $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$ , მაშინ  $N$  წარმოადგენს ნეტერის ოპერატორს  $L_p(\Gamma; \rho)$  სივრცეში, რომლის ინდექსიც გამოითვლება ფორმულით

$$\chi = \sum_{k=1}^m n_k + \sum_{s=1}^r \frac{1}{2\pi i} \left\{ \ln A(t) \right\}_{\Gamma_s},$$

სადაც  $n_k$  მთელი რიცხვებია (4) ფორმულით განსაზღვრული, ხოლო  $\Gamma_s$ ,  $s=1, \dots, r$ , ის შეკრული წირებია, რომელიც თავისუფალია წვევების წერტილებისაგან.

აღვილია შემჩნევა, რომ  $L_p(\Gamma; \rho^{1-q}) = L_p(\Gamma; \rho)$ ,  $p > 1$ ,  $q = \frac{p}{p-1}$  და, გარ-

და ამისა,

( $1 \leq \arg z < 2\pi$ ;  $[x]$  სიმბოლო აღნიშნავს  $x$  ნამდვილი რიცხვის მთელ ნაწილს.

$$\| \varphi \|_{L_p(\Gamma; \rho)} < C_p \| \varphi \|_{L_p(\Gamma; \rho^{1-\nu})}$$

სადაც  $C_p$  დამოკიდებულია მხოლოდ  $p$ -ზე. ამიტომ განსახილავ შემთხვევაში 1 და 2 თეორემებიდან უშუალოდ გამომდინარეობს

თეორემა 4. თუ  $V$  ოპერატორი ისეთია, რომ მას  $L_p(\Gamma; \rho^{1-\nu})$  და  $L_p(\Gamma; \rho)$  სივრცეები გადაჰყავს თავის ნაწილში<sup>(1)</sup>, მაშინ: 1)  $N\varphi=0$  ერთგვაროვანი განტოლების ნებისმიერი ამოხსნა  $L_p(\Gamma; \rho)$  სივრცეში ეკუთვნის  $L_p(\Gamma; \rho^{1-\nu})$  სივრცეს; 2) თუ  $f \in L_p(\Gamma; \rho^{1-\nu})$  და (1) არაერთგვაროვანი განტოლება ამოხსნადია  $L_p(\Gamma; \rho)$  სივრცეში მაშინ მისი ამოხსნა მიეკუთვნება  $L_p(\Gamma; \rho^{1-\nu})$  სივრცეს.

შეენიშნავთ, რომ მე-3 და მე-4 თეორემები ძალაში რჩება კოშის გულიან სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემის შემთხვევაშიც.

4. ი. გოხბერგმა [3] აჩვენა, რომ, თუ  $\Gamma$  შეკრული წირების სასრული ერთობლიობაა,  $a(t), b(t)$  — უწყვეტი ფუნქციებია  $\Gamma$ -ზე, ხოლო  $f(t)$  და  $\varphi(t) \in L_2(\Gamma)$ , მაშინ იმისათვის, რომ  $N$  წარმოადგენდეს ნეტერის ოპერატორს, აუცილებელია ყველგან  $\Gamma$ -ზე ადგილი ჰქონდეს უტოლობას  $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$ .

ზემოთ, ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები, საშუალებას გვაძლევს ეს შედეგი განვაზოვადოთ სხვადასხვა მიმართულებით.

სამართლიანია შემდეგი

ლემა. თუ  $\Gamma$  შეკრულ და გახსნილ ლიპუნოვის მარტივ წირთა ურთიერთარაგადაშვეთი სასრული ერთობლიობაა,  $a(t) \in C_c(\Gamma; c_1, \dots, c_m)$  და გამრავლების ოპერატორი  $A\varphi \equiv a(t)\varphi(t)$  წარმოადგენს ფრედჰოლმის ოპერატორს  $L_p(\Gamma; \rho)$ ,  $p > 1$ , სივრცეში, მაშინ  $a(t) \neq 0$  ყველგან  $\Gamma$ -ზე.

ეს ლემა დამტკიცებულია ი. გოხბერგის [3] მიერ, როცა  $p=2$ ,  $a(t)$  უწყვეტი ფუნქციაა,  $\rho(t)=1$ . ჩვენს პირობებში ლემა დამტკიცდება ანალოგიურად.

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა  $\Gamma$  შედგება მხოლოდ შეკრული წირებისაგან, ხოლო  $a(t), b(t)$  არიან  $\Gamma$ -ზე უწყვეტი ფუნქციები. ამ შემთხვევაში სამართლიანია

თეორემა 5. თუ  $V$  სავსებით უწყვეტი ოპერატორი ისეთია, რომ მას  $L_p(\Gamma), L_q(\Gamma)$  სივრცეები  $(p > 1, q = \frac{p}{p-1})$  გადაჰყავს თავის ნაწილში, მაშინ იმისათვის, რომ  $N$  იქნეს ნეტერის ოპერატორი როგორც  $L_p(\Gamma)$ , ისე  $L_q(\Gamma)$  სივრცეში და  $\chi(N; L_p(\Gamma)) = \chi(N; L_q(\Gamma))$ , აუცილებელია და საკმარისი, რომ  $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$  ყველგან  $\Gamma$ -ზე.

თეორემის პირობების საკმარისობა ნაჩვენებია [2] ნაშრომში.

ვიგულისხმობთ გარკვეულობისათვის, რომ  $1 < p \leq 2$ . მაშინ  $L_q(\Gamma) \subseteq L_p(\Gamma)$ .

(<sup>1</sup> იხ. გვ. 131. სქოლიო.

თუ ვისარგებლებთ ნეტერის ოპერატორის თვისებებით ბანახის სივრცეში, რომელიც დადგენილია ფ. ატკინსონის [4] მიერ, აღვილია დავრწმუნდეთ, რომ  $N^*N$  ოპერატორი, სადაც

$$N^* \varphi \equiv a(t) \varphi(t) - S(\varphi b) + V^* \varphi,$$

წარმოადგენს ნეტერის ოპერატორს  $L_q(\Gamma)$  სივრცეში და

$$\alpha(N^*N; L_q(\Gamma)) = \alpha(N^*; L_q(\Gamma)) + \alpha(N; L_q(\Gamma)). \quad (6)$$

მე-3 თეორემიდან გამომდინარეობს, რომ  $\alpha(N^*; L_q(\Gamma)) = -\alpha(N; L_q(\Gamma))$ . აქედან, (6) ტოლობის გათვალისწინებით ცხადია  $N^*N$  ფრედჰოლმის ოპერატორია  $L_q(\Gamma)$  სივრცეში.

მეორე მხრივ, მარტივი გამოთვლები გვარწმუნებენ, რომ

$$N^*N\varphi = [a^2(t) - b^2(t)]\varphi(t) + \tilde{V}\varphi, \quad (7)$$

სადაც

$$\begin{aligned} \tilde{V}\varphi = & a(t)V\varphi + VN\varphi - \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{a(\tau)b(\tau) - a(t)b(t)}{\tau - t} \varphi(\tau) d\tau - \\ & - \frac{1}{(\pi i)^2} \int_{\Gamma} \frac{b^2(\tau) - b^2(t)}{\tau - t} d\tau \int_{\Gamma} \frac{\varphi(t_1) dt_1}{t_1 - \tau}. \end{aligned}$$

როგორც ეს ს. მიხლინმა [5] აჩვენა,  $S(a\varphi) - aS\varphi$  ინტეგრალური ოპერატორი სავსებით უწყვეტია  $L_2(\Gamma)$  სივრცეში, თუ  $a(t)$  უწყვეტი ფუნქციაა  $\Gamma$ -ზე. ეს შედეგი ძალაში რჩება (იხ. [2])  $L_p(\Gamma; \rho)$ ,  $p > 1$  სივრცის შემთხვევაშიც. ამიტომ ცხადია, რომ  $\tilde{V}$  ოპერატორი სავსებით უწყვეტია  $L_q(\Gamma)$  სივრცეში. აქედან, ს. ნიკოლსკის [6] თეორემისა და (7) ტოლობის ძალით, გვექნება, რომ  $[a^2(t) - b^2(t)]\varphi(t)$  არის ფრედჰოლმის ოპერატორი  $L_q(\Gamma)$  სივრცეში. მაშინ ზემოაღნიშნული ლემის ძალით,  $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$  ყველგან  $\Gamma$ -ზე.

როცა  $p=2$ , დამტკიცებულ თეორემიდან გამომდინარეობს ჩვენ მიერ მოხსენიებული ი. გოხბერგის შედეგი.

თუ  $\Gamma$  შეკრულ და გახსნილ წირთა სასრული ერთობლიობაა,  $a(t), b(t) \in C(\Gamma; \epsilon_1, \dots, \epsilon_m)$ , მაშინ მე-5 თეორემის ანალოგიურად მტკიცდება

თეორემა 6. თუ  $V$  სავსებით უწყვეტი ოპერატორი ისე-

თია, რომ მას  $L_p(\Gamma; \rho)$ ,  $L_q(\Gamma; \rho^{1-p})$  სივრცეები ( $p > 1$ ,  $q = \frac{p}{p-1}$ ,  $\rho(t)$  განსაზღვრულია (5) ტოლობით) გადაჰყავს თავის ნაწილში, მაშინ იმისათვის, რომ  $N$  იქნეს ნეტერის ოპერატო-



რო, როგორც  $L_p(\Gamma; \rho)$ , ისე  $L_q(\Gamma; \rho^{1-q})$  სივრცეებში და  $\chi(N; L_p(\Gamma; \rho)) = \chi(N; L_q(\Gamma; \rho^{1-q}))$ , აუცილებელია და საკმარისი, რომ  $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$  ყველგან  $\Gamma$ -ზე.

საქართველოს სსრ შეცნიერებათა აკადემია  
ა. რაზმაძის სახელობის  
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.2.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. P. Lax. Symmetrizable linear transformations, Comm. pure and appl. math., v. 7, № 4, 1954.
2. Б. В. Хведелидзе. Линейные разрывные граничные задачи теории функций, Труды Тбил. мат. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. 23, 1956.
3. И. Ц. Гохберг. Об одном применении теории нормированных колец к сингулярным интегральным уравнениям. Успехи мат. наук, т. 7, вып. 2, 1952.
4. Ф. В. Аткинсон. Нормальная разрешимость линейных уравнений в нормированных пространствах, Мат. сб., т. 28, (70), № 1, 1951.
5. С. Г. Михлин. Сингулярные интегральные уравнения, Успехи мат. наук, т. 3, вып. 3, 1948.
6. С. М. Никольский. Линейные уравнения в нормированных линейных пространствах, Известия АН СССР, сер. матем., т. 7, № 3, 1943.



ჰიდრამლიკა

ბ. მისხი

სითხის ზემოაფრი ნაკადების ტალღათწარმოქმნის  
კრიტიკუმიის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრიემა 26.12.1960)

სითხის ნაკადის ჰიდრავლიკურ პარამეტრებსა და ღია კალაპოტის მახასიათებლებს შორის გარკვეული თანაფარდობების პირობებში წარმოიქმნება დაუმყარებელი მოძრაობის რეჟიმი, რომელიც მოიცავს ვიზუალურად განსხვავებული ნაკადის ზედაპირის მდგომარეობათა რიგ სტადიებს — პატარა-პატარა, სწრაფქრობადი ჭავლებიდან განსხვავებული სიგრძისა და ამპლიტუდების მქონე სიგრძივ ტალღებამდე.

ამ რეჟიმის წარმოქმნის პირობების თეორიულ კვლევებს მიეძღვნა ვ. ვედერნიკოვის [1], ნ. ქართველიშვილის [2], ა. მხითარაიანის [3], თომასის, კალეგანისა და პეტერსონის, დრესლერის, ხოლმსის, ივასასა და სხვათა შრომები. ნატურული და ცდისეული კვლევების მონაცემები მოყვანილია ე. ფედოროვისა [5] და კ. არსენიშვილის [6] შრომებში.

იმის გამო, რომ სითხის დაუმყარებელი, ტალღოვანი მოძრაობის რეჟიმი დიდქანობიან ღია კალაპოტებში — სწრაფდენებში, ყველა შემთხვევაში არასასურველია (იწვევს საშიშ რღვევითი რიგის მოვლენებს ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებში [5, 6, 7]), მოწოდებულია თეორიული, ნახევრად თეორიული და ემპირიული გზებით ნაპოვნი თანაფარდობები, რომელთა მიზანია დაპროექტებულ სწრაფდენებში ტალღოვანი რეჟიმის წარმოქმნის შესაძლებლობის პროგნოზირება — ე. წ. ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმები.

ვანსაკუთრებით აღსანიშნავია შემდეგი შრომები:

1. ნ. ქართველიშვილისა, რომელმაც მოგვცა სითხის გაუჰაერვებელი ნაკადის დაუმყარებელი მოძრაობის განტოლების საერთო სახე, დაფუძნებული ნაკვეთ-სტოქსის ბლანტი სითხის მოძრაობის განტოლებებზე და ჩამოაყალიბა სითხის დამყარებული თანაბარზომიერი, გაუჰაერვებელი ნაკადის მიერ მოძრაობის მდგრადობის დაკარგვის კრიტერიუმი შემდეგი სახით:

$$\frac{l}{\lambda} > \mu - 1, \tag{1}$$

სადაც

$$\lambda = \sqrt{\frac{B_0 Q_0^2}{g_* F_*^3}}$$

ღა

$$\mu = \frac{F_0 K_0'}{B_0 K_0}$$

ხოლო  $B_0$ ,  $F_0$ ,  $K_0$  და  $Q_0$  კალაპოტის სარკის სივანეა, ცოცხალი კვეთი, გამტარუნარიანობა და ხარჯია თანაბარზომიერი მოძრაობის დროს და  $g_*$ —სიმძიმის ძალის აჩქარების შემდეგი;

2. ვ. ვედერნიკოვისა, რომელმაც თანაბარზომიერი მოძრაობის დარღვეული მდგრალობის მქონე ნაკადებისათვის ხმარებაში შემოიღო განსაზღვრა „ზემდაფრი“ და მოგვცა ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმი შემდეგი სახით:

$$\frac{v_0 M (1 + 2 \gamma)}{2 v_{კ}} > 1,0, \tag{2}$$

სადაც  $v_0$  დამყარებული მოძრაობის სიჩქარეა,  $\gamma$ —ხარისხის მაჩვენებელი პავლოვსკის მიერ მოცემულ ფორმულაში, ზეხის ფორმულის  $C$ -კოეფიციენტის საბოლოოდ,  $v_{კ}$ —კრიტიკული სიჩქარე.

ტრაპეციისებრი კალაპოტებისათვის

$$M = 1 - 2 \frac{R}{B} \sqrt{1 + m^2}.$$

ამ გამოსახულებაში  $R$ ,  $B$  და  $m$  ჰიდრაულიკური რადიუსი, სარკის სივანე და კედლების ფერდის განლაგების კოეფიციენტია;

3. ა. მხითარაიანისა, რომელმაც ტალღოვანი ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის განტოლების გადაწყვეტის საფუძვლებზე მოგვცა „ტალღების მატარებლისა“ (რაც ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმის ტოლფასი ცნებაა) წარმოქმნის პირობა შემდეგი სახით:

$$0 < \xi < 1,0,$$

აბ

$$0 < \frac{K}{V_i} < 1,0, \tag{3}$$

სადაც  $K^2 = 4 g/c^2$ , ხოლო  $i$  სწრაფდენის ფსკერის ქანობია;

4. დრესლერისა და თომასის, რომლებიც ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმს იძლევიან შემდეგი მსგავსი სახით:

$$i = 4 i_{კ}, \tag{4}$$

ხოლო  $i$ -ქანობს აძლევენ სხვადასხვა მნიშვნელობას (დრესლერით  $i = tg \alpha$ ; თომასით— $i = \sin \alpha$ , სადაც  $\alpha$  სწრაფდენის ფსკერის ხაზის ჰორიზონტთან დახრის კუთხეა),  $i_{კ}$  კრიტიკული ქანობია;

მ. მოსტკოვი [4] წერს, რომ პირობა (4) აერაციის სავსებით თავისუფალი პირობებისათვის იღებს შემდეგ სახეს:

$$i = 12 i_{კ}; \tag{5}$$

5. კ. არსენიშვილისა [6], რომლის აზრითაც ტალღოვანი რეჟიმი წარმოიქმნება იმ შემთხვევაში, თუ



$$0,02 > i_0 > 0,3$$

და

$$\frac{h}{\lambda_0} \cong 0,10. \quad (6)$$

(6) გამოსახულებაში  $h_0$  და  $\lambda_0$  ავსების სიღრმე და დასველებული პერიმეტრია თანაბარზომიერი მოძრაობის დროს.

შრომაში [7] ჩვენ მიერ წარმოდგენილია ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმი ასეთი სახით:

$$i \cong \frac{kx_0^3}{c} = \frac{1,13 v_0^3}{c}, \quad (7)$$

სადაც  $c$  სწრაფდენის სიგრძეა და  $k$ —ემპირიული კოეფიციენტი.

ნ. ქართველი შვილი [2] აღნიშნავს, რომ გაუჰაერვებელი ნაკადისათვის გამოსახულებანი (1), (2) და ი. ივასას მიერ წარმოდგენილი (აქ არ არის მოყვანილი) ერთნაირია და დაიყვანება ერთ სახეზე.

მ. მოსტკოვმა [4] აჩვენა, რომ კრიტერიუმი (2) საშუალო პირობებისათვის, რომლებსაც შეესაბამება ფერდის კოეფიციენტი  $m = 1,0$ ,  $h_{სა}/\lambda_0 = 0,08$  და  $y = 1/6$  მნიშვნელობები, უდრის ერთს, რაც ტოლფასია პირობისა, რომ უტალღო სწრაფდენის ქანობი არ უნდა აღემატებოდეს გაოთხკეცებულ კრიტიკულს, ე. ი. საშუალო პირობებისათვის კრიტერიუმები (1) და (2) ტოლფასია (4) კრიტერიუმისა.

ძნელი არ არის დარწმუნება იმაში, რომ კრიტერიუმი (3) აგრეთვე დაიყვანება (4) კრიტერიუმის სახეზე. ამისათვის (3) გამოსახულებაში ჩავსვათ  $k$ -ს მნიშვნელობა, რის შედეგად მივიღებთ

$$0 < \frac{2 \sqrt{g}}{c \sqrt{i}} < 1,0. \quad (8)$$

თუ კრიტიკული ქანობის ცნობილ გამოსახულებაში

$$i_{კრ} = \frac{g \chi_{კრ}}{\alpha c^2 B_{კრ}}$$

დაეუშვებთ, რომ  $\alpha = 1,0$ , ხოლო დასველებული პერიმეტრის  $\chi_{კრ}$  მნიშვნელობა უახლოვდება სარკის სიგანეს (რაც სინამდვილესთან ახლოა კალაპოტებისათვის, რომელთა სიგანე საგრძნობლად აღემატება სიღრმეს), ე. ი. რომ  $\chi_{კრ} / B_{კრ} \approx 1,0$ , შეგვიძლია გავარკვიოთ შეზის ფორმულის კოეფიციენტ  $C$ -ს მნიშვნელობა ასეთი სახით:

$$C^2 = \frac{g}{i_{კრ}},$$

ანუ

$$C = \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{i_{კრ}}}.$$

C-ს ამ მნიშვნელობის (8)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$0 < \frac{2 \sqrt{g} \sqrt{i_{j_4}}}{\sqrt{g} \sqrt{i}} < 1,0;$$

საიდანაც (3) მიიღებს სახეს

$$i \cong 4 i_{j_4}, \text{ ე. ი. გამოსახულება (4)-ს.}$$

ამგვარად, ყველა, თეორიული გზით (კვლევით სავსებით განსხვავებული მეთოდოლოგიის მიუხედავად) მიღებული ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმები დაიყვანება ასეთ საერთო სახეზე:

$$i = \beta i_{j_4}, \tag{9}$$

რომელშიც მნიშვნელობა კოეფიციენტისა  $\beta = 4,0$ .

შრომებში [5] და [6] (9) სახის კრიტერიუმის საფუძველზე მიღებული მონაცემები მრავალ ნატურულ და ცდისეულ მონაცემთანაა შედარებული და კონსტატირებული, რომ შემთხვევების დიდ უმრავლესობაში (9) კრიტერიუმის საფუძველზე მიღებული პროგნოზი არ დასტურდება ნატურული და ექსპერიმენტული დაკვირვებებით.

6. ქართული შვილი [2] სამართლიანად აღნიშნავს, რომ, მიუხედავად (1) და (2) კრიტერიუმის სრული იგივეობისა, ავტორები ამ კრიტერიუმის ნატურულ და ექსპერიმენტულ მონაცემებთან შედარებით ზოგჯერ აღწევენ განსხვავებულ შედეგებს, რაც გარკვეულ ფარგლებში ფასს აკლებს ამ შედარებებს, მაგრამ მინც ეთანხმება ამ ავტორების ძირითად დასკვნას და დადასტურებულად მიაჩნია ის ფაქტი, რომ (1) და (2) კრიტერიუმები რიგ შემთხვევებში იძლევიან არასწორ ინფორმაციას ტალღოვანი რეჟიმის წარმოქმნის შესაძლებლობის შესახებ. ზემოთ აღნიშნული სავსებით ნათელყოფს, რომ ეს კონსტატირება მართებულია ყველა დანარჩენი კრიტერიუმისათვის, რომლებიც დაიყვანება (9) სახეზე.

თეორიული გზით მიღებული განზოგადოებული ტალღათწარმოქმნის (9) კრიტერიუმი შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს იმ სახით, რომელიც საშუალებას იძლევა დაეუკავშიროთ იგი სითხის მოძრაობის მნიშვნელოვან მახასიათებელს—ფრუდის რიცხვს  $Fr$ , ან კინეტიკურობის პარამეტრს  $\Pi_j$  (წარმოადგენს იმავე ფრუდის რიცხვს, რომლისთვისაც სახასიათო ხაზოვან ზომად მიღებულია ნაკადის საშუალო სიღრმე, ტოლი ცოცხალი კვეთისა და სარკის სიგანის ფარდობის).

რადგანაც

$$i_{j_4} = \frac{gh_{\text{საშ}}}{\alpha C^2 R} = \frac{gw}{\alpha C^2 RB}, \tag{10}$$

ამ კრიტიკული ქანობის მნიშვნელობის მხედველობაში მიღების საფუძველზე შეგვიძლია დაწვიროთ, რომ

$$\frac{i}{i_{j_4}} = \frac{\alpha C^2 R i}{gh_{\text{საშ}}} = \frac{\alpha v^3 B}{gw} = \frac{\alpha Q^2 B}{gw^3} = \Pi_j;$$

აქედან კი ვამომდინარეობს, რომ ფსკერის ქანობისა და კრიტიკული ქანობის მნიშვნელობათა ფარდობა კინეტიკურობის პარამეტრს ეტოლება. მაგრამ, კრიტერიუმი (9)-ის თანახმად, ეს ფარდობა ტოლია აგრეთვე კოეფიციენტის სიდიდისა.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, (4) სახის კრიტერიუმი მოითხოვს მძაფრი ნაკადის ზემოაღრ ტალღოვან მდგომარეობაში გადასვლისათვის  $\Pi_3 \approx 4,0$  პირობის არსებობას.

ცხრილი 1  
მონაცემები კინეტიკურობის პარამეტრის მნიშვნელობათა შესახებ

| ფსკერის ქანობი | ცოცხალი კვეთი, მ | დასველებული პერიოდის სიგრძე | მიდრავალი კუბი რა-დოუსი, მ | საშუალო სიღრმე, მ | საშუალო სიჩქარე, მ/სეკ. | დაკვირვებითი რეჟიმი | ჯ     |
|----------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------|
| 0,756          | 0,124            | 2,644                       | 0,048                      | 0,04              | 10,0                    | ტ                   | 255,0 |
| 0,756          | 0,3215           | 2,93                        | 0,11                       | 0,12              | 17,9                    | ტ                   | 271,0 |
| 0,25           | 0,1546           | 2,088                       | 0,074                      | 0,08              | 7,15                    | ტ                   | 65,0  |
| 0,15           | 0,3296           | 4,218                       | 0,092                      | 0,08              | 6,8                     | ტ                   | 58,6  |
| 0,15           | 0,4944           | 4,34                        | 0,114                      | 0,12              | 8,65                    | ტ                   | 63,5  |
| 0,134          | 0,4036           | 1,094                       | 0,037                      | 0,04              | 2,37                    | ტ                   | 14,2  |
| 0,134          | 0,00978          | 1,274                       | 0,098                      | 0,09              | 3,95                    | ტ                   | 17,7  |
| 0,207          | 0,04036          | 1,094                       | 0,037                      | 0,04              | 3,28                    | ტ                   | 27,5  |
| 0,207          | 0,00978          | 1,274                       | 0,098                      | 0,09              | 4,62                    | ტ                   | 25,0  |
| 0,046          | 0,4964           | 4,364                       | 0,114                      | 0,12              | 3,25                    | ტ                   | 8,98  |
| 0,046          | 1,396            | 4,97                        | 0,282                      | 0,32              | 6,05                    | ტ                   | 11,5  |
| 0,055          | 0,157            | 1,78                        | 0,088                      | 0,10              | 2,5                     | ატ                  | 6,35  |
| 0,055          | 0,2445           | 1,96                        | 0,125                      | 0,15              | 3,23                    | ატ                  | 7,17  |
| 0,0345         | 0,2295           | 1,925                       | 0,118                      | 0,14              | 1,85                    | ატ                  | 2,45  |
| 0,002          | 0,2445           | 1,96                        | 0,125                      | 0,5               | 1,5                     | ატ                  | 1,5   |
| 0,0527         | 0,20             | 2,183                       | 0,0925                     | 0,10              | 3,3                     | ატ                  | 10,85 |
| 0,0527         | 0,3085           | 2,325                       | 0,133                      | 0,15              | 4,3                     | ატ                  | 12,6  |
| 0,0295         | 0,226            | 2,094                       | 1,108                      | 0,12              | 1,7                     | ატ                  | 2,4   |
| 0,0295         | 0,392            | 2,355                       | 0,166                      | 0,2               | 2,10                    | ატ                  | 2,2   |
| 0,04           | 0,0275           | 0,643                       | 0,041                      | 0,05              | 1,75                    | ატ                  | 6,25  |
| 0,032          | 1,321            | 3,82                        | 0,322                      | 0,42              | 5,45                    | ატ                  | 7,2   |
| 0,104          | 0,0354           | 0,76                        | 0,0465                     | 0,06              | 3,0                     | ატ                  | 15,2  |
| 0,104          | 0,0995           | 0,005                       | 0,1                        | 0,14              | 4,13                    | ატ                  | 12,4  |
| 0,068          | 0,0354           | 0,716                       | 0,0495                     | 0,06              | 2,87                    | ატ                  | 14,0  |
| 0,035          | 0,0495           | 0,784                       | 0,0632                     | 0,08              | 2,83                    | ატ                  | 10,0  |
| 0,035          | 0,995            | 1,005                       | 0,140                      | 0,14              | 3,47                    | ატ                  | 8,8   |
| 0,0145         | 0,0651           | 0,86                        | 0,076                      | 0,10              | 2,13                    | ატ                  | 4,6   |
| 0,017          | 0,258            | 1,51                        | 0,171                      | 0,28              | 2,85                    | ატ                  | 2,7   |
| 0,042          | 0,206            | 1,365                       | 0,151                      | 0,24              | 4,04                    | ატ                  | 6,7   |

1 ცხრილში მოყვანილია ჩვენ მიერ [6]-ის მონაცემების საფუძველზე გამოთვლილი  $\Pi_3$ -ს მნიშვნელობები; ამ მონაცემების განხილვა საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ზემოაღრ ნაკადი იღებს ვიზუალურად გასარჩევ ტალღოვან სახეს  $\Pi_3 \approx (8,5-15)$  მნიშვნელობისათვის და ინარჩუნებს მას  $\Pi_3$ -ს სიდიდეებისათვის  $\Pi_3 = 260$ ; როდესაც  $\Pi_3 = (18,5-15)$ , ადგილი აქვს არამდგრად რეჟიმს შესაძლოა შემთხვევით მიზეზებთან (ადგილობრივი ფსკერის უსწორ-მასწორობები და სხვა) დაკავშირებით ზემოაღრმა ნაკადმა მიიღოს ტალღოვანი ან უტალღო სახე.



$\Pi_j > 15$  მნიშვნელობებისათვის ნაკადი ყველა განხილულ შემთხვევაში იღებს ტალღოვან სახეს. როგორც ვხედავთ (9) სახის ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმები იძლევა ტალღოვანი მოძრაობის რეჟიმის წარმოქმნის შესაძლებლობას, რომლებიც 2-3-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ნატურულ დაკვირვებათა საფუძველზე მიღებული მონაცემები.

ჩვენი აზრით, შეიძლება დადასტურებულად მივიჩნიოთ, რომ ცნება „ზემდაფრი დინება“ არ წარმოადგენს დამყარებული ნაკადის რაიმე ერთი კონკრეტული მდინარების სახეობის განმარტებას. იგი ანზოგადებს ვიზუალური სახეობით განსხვავებული სტადიების დიდ რაოდენობას, რომლებსაც დაკარგული აქვთ თანაბარზომიერი მოძრაობის მდგრადობა და ხასიათდებიან ზედაპირის განსხვავებული მდგომარეობით: „ქავლი“, მოკლე ტალღები, „უფრო გრძელი“ და ბოლოს მდგრადი სიგრძივი ტალღები სხვადასხვა სიგრძისა და ამპლიტუდისა.

(4) სახეზე დაყვანილი კრიტერიუმები, არეკლავენ მხოლოდ ამ განზოგადებულ დახასიათებას—დამყარებული თანაბარზომიერი ნაკადის გადასვლას მდგრადობადაკარგული მოძრაობის რეჟიმში; მხოლოდ ამ გავებით გახდება ნათელი, თუ რატომ იძლევიან (4) სახის თეორიული კრიტერიუმები, სხვადასხვა მეტეოროლოგიური გზებით მიღებულნი, მაგრამ უდავოდ მისაღებნი, როგორც მართებული შედეგები დაუმყარებელი მოძრაობის ქვეშაირიტი განტოლებებისა, მოჩვენებით დაუმთხვევლობას ნატურულ და ემპირიულ მონაცემებთან შედარებისას. ისინი ფაქტობრივ აბსტრუქტიზმზე მხოლოდ ნაკადის მიერ თანაბარზომიერი მოძრაობის მდგრადობის დაკარგვას და არა ამ ზემდაფრი დინების კონკრეტული, ტალღოვანი სტადიის წარმოქმნას, მაშინ როდესაც [5, 6] შრომები შედარების (4) სახის კრიტერიუმები ედრება სწორედ ასეთ, განვითარებული ტალღოვანი მოძრაობის სტადიას. თვალსაჩინოა, რომ პირობა, დაწერილი (4) სახით, დაუმყარებელი, ზემდაფრი მოძრაობის კერძოტალღოვანი სახეობის წარმოქმნის შესაძლებლობის თვალსაზრისით, აუცილებელი, მაგრამ არასაკმარისია; ტალღათწარმოქმნის კრიტერიუმის სახით უნდა ვიგულისხმოთ ისეთი ნაკადის ჰიდრაულიკურ პარამეტრებსა და კალაპოტის მახასიათებლებს შორის თანაფარდობა, რომელიც დაუმყარებელი ზემდაფრი დინების წარმოქმნის შესაძლებლობის პროგნოზირების საშუალებას მოგვცემს არა საერთოდ, არამედ სავსებით გარკვეული, განვითარებული, ტალღოვანი სტადიის სახით; ის უნდა გვაძლევდეს პასუხს არა იმაზე, დაირღვევა თუ არა ნაკადის თანაბარზომიერი მოძრაობის მდგრადობა საერთოდ, არამედ იმაზე, მიაღწევს თუ არა ამ დარღვევის ხარისხი ისეთ ზღვარს, რომლის შემდეგ ზემდაფრი დინება მდგრადად ტალღოვანი ხდება.

ადვილად გასარკვევი ხდება ცდისეული ფაქტიც: სწრაფდენში ხარჯის (ავსების) ზრდასთან ერთად ტალღების მიღევა; კინეტიკურობის პარამეტრის გამოსახულების

$$\Pi_j = \frac{av^2}{gh_{0.0}}$$



განხილვისას ვრწმუნდებით, რომ ხარჯის გაზრდის დროს (11) გამოსახულების მნიშვნელოვანი უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე მისი მრიცხველი, ე. ი.  $\Pi$ , მცირდება და ზემდაფრობის ხარისხის შემცირებასთან ერთად ხდება ტალღების მიღევა.

რამდენადაც უდიდეს პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს ზემდაფრობის მოძრაობის, განსაკუთრებით ტალღოვანი სტადიის გამოვლინება, ცხადია, გამოსახულებებში (4) ან (9) საჭიროა  $\beta$ -ს დაზუსტება, რაც ჯერჯერობით, როგორც ჩანს, შეუძლებელია გაკეთდეს მხოლოდ ემპირიული გზით—არსებული ნატურული და ცდისეული კვლევების მასალის საფუძველზე  $\beta$ -ს მნიშვნელობის შერჩევით.

ზემდაფრობის ნაკადის კერძო-ტალღოვანი სახეობის წარმოქმნის კრიტერიუმად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს (7) გამოსახულება, თუკი ცდისეული მონაცემების საფუძველზე შევარჩევთ  $K$ -ს კოეფიციენტს (რაც გაკეთებულია შრომაში [7]).

დასკვნები

6789

1. ნაკადის ჰიდრაულიკურ პარამეტრებსა და ღია კალაპოტის მახასიათებლებს შორის გარკვეული შეუღლების დროს წარმოიქმნება სითხის მოძრაობის ზემდაფრობის დაუმყარებელი რეჟიმი, რომელიც ვიზუალურად გამოვლინდება ნაკადის ზედაპირის განსაზღვრული სტადიების სახით: „ჭავლი“, მოკლე ტალღები, სიგრძივი, სხვადასხვა სიგრძისა და ამპლიტუდის ტალღები; ზემდაფრობის ნაკადის ყოველ სტადიას კინეტიკურობის პარამეტრის ან ფრუდის რიცხვის გარკვეული მნიშვნელობა შეესაბამება.

2. მძაფრი ნაკადი (ფრუდის რიცხვი  $F_r > 1,0$ ) გადადის დაუმყარებელ ზემდაფრობის სახეობაში  $\beta \geq 4,0$  მნიშვნელობის დროს—ზედაპირი ხასიათდება „ჭავლით“, მოკლე ან მრღვევადი ტალღებით.

3. ზემდაფრობის ნაკადი იღებს ვიზუალურად ცხადად გამოჩვენებულ ტალღოვან სახეს, განსხვავებული სიგრძისა და ამპლიტუდის მდგრადი ტალღებით, როდესაც  $\Pi > 15$ ; გამოსახულებაში (7) ამ მოძრაობის რეჟიმის სტადიას შეესაბამება  $K = 1,13$  მნიშვნელობა.

4. სწრაფდენებში დაუმყარებელი მოძრაობის თეორიის საყურადღებო ამოცანას, წარმოადგენს თეორიული და ექსპერიმენტული, წინააღობის კოეფიციენტის გამოსახულების ჩამოყალიბება დაუმყარებელი ზემდაფრობის დინების შემთხვევისათვის.

საქართველოს სსრ სახალხო მეურნეობის  
საბჭოს მეტალურგიული და  
ქიმიური მრეწველობის  
სამმართველო

(რედაქციის მოუვიდა 26.12.1960)



## დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. В. Ведерников. О критерии перехода к сверхбурному потоку. ДАН СССР, том 69, № 4, М., 1949.
2. Н. А. Картвелишвили. Об уточнении критерия устойчивости установившегося течения на быстротоках. Известия Академия Наук СССР ОТН, № 8, М., 1958.
3. А. М. Мхитарян. О волнах на быстротоке, Известия АН СССР ОТН, № 1, М., 1959.
4. М. А. Мостков. Гидравлический справочник. Госэнергоиздат. Москва, 1954.
5. К. И. Арсенишвили. Изучение воздействия набегающих волн на гидротехнические сооружения. Журн. Гидротехн. Стр-во, № 1, М., 1955.
6. Г. В. Месхи. О гашении продольных волн на быстротоках гидроэлектростанций. „Энергетическое стр-во“ № 4, М., 1958.
7. Г. В. Месхи. К расчету Гасителей-волнорезов продольных волн на быстротоках с большим уклоном дна. Сообщения АН Грузинской ССР, том 24, № 3. Тбилиси, 1960.

## გამოწიკა

დ. ციციშვილი, ლ. ხანტუხიანი, ბ. ტატიშვილი

ზღვის სანაპირო ზონის ტალღის მოქმედებით განმარტებული  
 ელექტრონული პოტენციალის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა პ. შენგელიამ 14.4.1961)

1959 წელს საქართველოს ტერიტორიაზე შავი ზღვის სანაპიროს გამოგრების გენერალური გეგმის შედგენასთან დაკავშირებული ელექტროსაძიებო საბუთაობის ჩატარების პროცესში სოხუმ-გუდაუთას უბნის პლაჟურ ზოლში შემჩნეული იყო, რომ ზღვის ლეღვისას უშუალოდ ნაპირის მახლობლად მიმდებარე ელექტროდებზე წარმოიქმნება პოტენციალთა სხვაობა. ტალღის ხმელეთზე შემოჭრისას გაღვანოვეტრის ისარი მდორე გადახრას იძლეოდა და ტალღის უკან დახევისას უბრუნდებოდა საწყის მდგომარეობას. მშვიდი ზღვის დროს მსგავსი მოვლენა არ შეიმჩნეოდა [1].

გამოითქვა მოსაზრება, რომ აქ ადგილი აქვს ხახუნისა და ფილტრაციის დენების წარმოქმნას.

ეს მოვლენა განსაკუთრებით მკვეთრად აისახება ზღვასთან უშუალოდ ახლოს მყოფ (5 მ-მდე) გაზომვის წერტილებში. ზღვის ნაპირიდან დაცილებით ეს მოვლენა თანდათან ქრება და ვერტიკალური ელექტრონი ზონდირების წერტილებისათვის, რომლებიც განლაგებული არიან 10—15 მ-ის მანძილზე, პოტენციომეტრზე უკვე აღარ აღინიშნება.

რამდენადაც აღნიშნულ სანაპირო ზოლში ადგილი ჰქონდა აგრეთვე მოხეტიალე დენების გავლენას, საჭირო იყო ჩვენ მიერ აღმოჩენილი მოვლენის შემოწმება განუწყვეტელი ჩაწერის ხელსაწყოების გამოყენებით.

ამ მიზნით 1960 წლის გამოკვლევების დროს [2] გამოყენებული იყო სამარხიანი ელექტროსაძიებო ოსცილოგრაფი 30—2, რომელიც მოთავსებული იყო ავტო-ცემენტის კვარცხლბეკზე სპეციალურად აგებულ პავილიონში, ზღვის ნაპირიდან 40—45 მ-ის დაშორებით.

მუშაობის დაწყებამდე ჩატარდა ცდები საჭირო მგრანობიარობის, სამუშაო არხებისა და სათანადო ელექტროდების შესარჩევად. დაკვირვებები ტარდებოდა ორ არხზე. შერჩეული იყო მაღალი მგრანობიარობა (IV და V), ამასთან თითოეული ჩანაწერისათვის ორივე არხზე ვილებდით ერთსა და იმავე მგრანობიარობას.

მუშაობის საწყის პერიოდში ვსარგებლობდით არაპოლარიზებული ელექტროდებით, მხოლოდ შემდგომ გადავედით ჩვეულებრივ თითბრის ელექტროდებზე, რომლებიც სავსებით ვარგისნი აღმოჩნდნენ ამ მიზნისათვის.

„ტალღის პოტენციალის“ ეფექტის გამოსაკვლევი ცდების ჩატარებისათვის 1960 წ. შერჩეული იყო შავი ზღვის სანაპიროს პლაჟური ზოლის უბანი

აფხაზეთის ასსრ, გაგრის რაიონის ს. განთიადთან. აღნიშნული ეფექტის გამო-საყვანილობის სავსე სამუშაოთა მეთოდთა შემდგომი მდგომარეობა:

მუშაობის პირველ სტადიაში გამოკვლევები ტარდებოდა სანაპირო ზო-ლის პარალელური ორი დანადგარით, ელექტროდების 10—15 მ-ის გაშლით. პოტენციალთა სხვაობა ზღვისთან ახლოს მყოფი I წყვილისათვის იწერებოდა ოსცილოგრაფის 2 არხით, ხოლო მისგან დაშორებული II წყვილი ელექტრო-დებისათვის—1 არხით. შერჩეული იყო V მგრძნობიარობა.

ზღვის ღელვით გამოწვეულ პოტენციალთა სხვაობის („ტალღის პოტენ-ციალი“) ამსახველი ელექტროგრამების დამუშავება მდგომარეობდა 1 და 2 არხებზე ჩაწერილი მრუდების ცალკეული მონაკვეთისათვის მაქსიმალური ამ-პლიტუდის განსაზღვრაში (4 მონაკვეთისათვის 2-წუთიანი ჩანაწერის დროს და 8 მონაკვეთისათვის 4-წუთიანი ჩანაწერისას, ე. ი. თითოეული მონაკვეთი 0,5 წუთისათვის) და შემდგომ, ცალკეული მონაკვეთისათვის ამ სიდიდების

ფარდობის დადგენაში  $\left(\frac{a_1}{a_2} - \text{სადაც } a_1 \text{ და } a_2 \text{ სათანადოდ } 1 \text{ და } 2 \text{ არხის ამ-სახველი მრუდების მაქსიმალური ამპლიტუდებია}\right)$ .

აღწერილი მეთოდის გამოყენებით დამუშავდა ელექტროგრამები, გა-დაღებული ისეთ დღეებში, რომლებიც ხასიათდებოდნენ ზღვის ღელვით (9.VIII; 10.VIII; 16.VIII).

აღწერილი ხერხით გადაღებული ელექტროგრამების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტის შესწავლა ელექტროდების მცირე (15 მ-მდე) გაშლით, ზღვის ნაპირისადმი 2 პარალელური დანადგარით, არ იძლევა სასურველ შედეგებს.

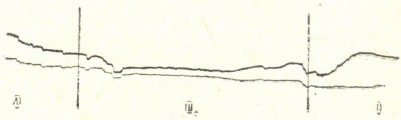
ელექტროგრამების საერთო რაოდენობის მხოლოდ 30% შეიძლება ნა-წილობრივ გამოყენებულ იქნეს ამ მიზნით. ეს მდგომარეობა შემდგომად აიხსნება: ტალღის შემოტევა ხმელეთზე არ ხდება სწორხაზოვანი ფრონტით. პირველი მიახლოებით იგი ატარებს სინუსოიდურ ხასიათს, ე. ი. მორიგეობენ უბნები, სადაც ხდება ტალღის შემოტევა და უკუტევა. დანადგარი ელექტრო-დების 10—15 მ-ის გაშლით მოიცავს მხოლოდ რაღაც ნაწილს ტალღის მო-ქცევისა და უკუტევის მთლიანი ციკლისას, სადაც პოტენციალთა სხვაობა უმნიშვნელოა და ამითაა, რომ სათანადო ელექტროგრამები მცირე ვარიაცი-ებით ხასიათდებიან. ზემოთ ხსენებული ელექტროგრამების 30%, რომელნიც ნაწილობრივ ასახვენ „ტალღის პოტენციალის“ შესასწავლ ეფექტს. როგორც ჩანს, უპასუხებენ შესაბამის დანადგართა სრულიად შემთხვევით მოხვედრას ტალღის მიმოქცევის ან უკუტევის უბნების საზღვარზე, რამაც განაპირობა ელექტროგრამების მრუდებზე საგრძნობი ვარიაციების არსებობა. ვინაიდან ამგვარი შემთხვევითობა არ შეიძლება ჩაითვალოს „ტალღის პოტენციალის“ კვლევის აღწერილი მეთოდის ეფექტურობის დადასტურებად, ამიტომ შე-მდგომი დაკვირვებები ტარდებოდა უფრო სრულყოფილი დანადგარების მე-შვეობით. ჩვენ მიერ ზემოთ აღწერილი მეთოდის ილუსტრირების მიზნით მო-ყვანილია ელექტროგრამის ცალკეული მონაკვეთები, რომლებიც ნაწილობრივ ასახვენ ზღვის ღელვის გავლენას.



ამ ელექტროგრაფის მრუდები ახასიათებენ ვარიაციების სხვადასხვა ინტენსივობას. თუ II წყვილი ელექტროდების შესაბამისი მრუდი უმნიშვნელო ვარიაციებს გვიჩვენებს, I წყვილის მრუდი საკმაოდ მკვეთრ რხევებს ამჟღავნებს. რაც კარგად ეთანხმება ზღვის ტალღის გავლენის მექანიზმს. ამგვარად, ეს ელექტროგრაფი იძლევა მასალას „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტის შესასწავლად.

კვლევითი სამუშაოები II ეტაპზე ტარდებოდა ზღვის ნაპირისადმი პერპენდიკულარულად მყოფი 2 დანადგარით, რომელშიც თითო ელექტროდი ელექტროგრაფი № 34 9.VIII.1960 წ. <sup>(1)</sup>

ჩამიწებული იყო დაკვირვების პავილიონის ეზოში, ზღვიდან 60 მ-ის მანძილზე, ბოლო ორი დანარჩენი ელექტროდი ზღვის ნაპირზე, შესაბამისად — ტალღის მიღწევის ზღვარზე და C,5 მ-ის დაშორებით მისგან (პლაჟზე).



ფიგ. 1. ჩაწერის დრო—13<sup>13</sup>—13<sup>14</sup>. ზღვა ღელავს. ტალღების სიმაღლე 1 მ-ის ფარგლებშია. ელექტროდების I წყვილი იმყოფება ზღვის ნაპირზე—ტალღის მიღწევის ზღვარზე; II წყვილი—ზღვიდან 5 მ-ის დაშორებით. ელექტროდების გაშლა—15 მ. ამ-

ლიტუდათა ფარდობა  $\frac{a_1}{a_2} = 0,24$  (II მონაკვეთისათვის); 0,66 (III მონაკვეთისათვის) და 0,33 (IV მონაკვეთისათვის)

I წყვილი ელექტროდებისა — პავილიონის ეზო — ტალღის მიღწევის ზღვარი, წარმოადგენს უძრავ დანადგარს, იმ დროს, როცა II წყვილისათვის უძრავია მხოლოდ პავილიონის ეზოში ჩამიწებული ელექტროდი და მის მიმართ გადანაცვლება ზღვის ნაპირზე მყოფი ელექტროდი. ოსცილოგრაფის 2 არხზე იწერებოდა ელექტროდთა I წყვილის შესაბამისი პოტენციალთა სხვაობა, ხოლო 1 არხზე — II წყვილისა.

ამ გზით ჩაწერილი ელექტროგრაფების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დაკვირვებები, ჩატარებული ზღვის ნაპირისადმი პერპენდიკულარული დანადგარით, უფრო ეფექტურ შედეგებს იძლევა, ვიდრე ზღვის პარალელური დანადგარი ელექტროდების მცირე გაშლით (15 მ-მდე).

აქ ჩვენ ვიღებთ ტალღის გავლენის ჩაქრობის მეტად მკვეთრ სურათს ელექტროდის სანაპირო ხაზიდან თანდათანობით დაშორებით პლაჟის სიღრმეში, რაც განპირობებულია პოტენციალთა სხვაობის შესამჩნევი დაცემით ზღვიდან ხმელეთისაკენ.

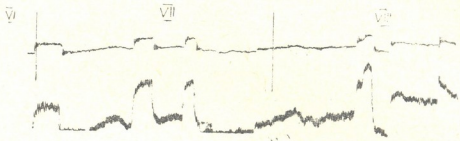
მოგვეყავს ზემოთ აღწერილი მეთოდით გადაღებული დამახასიათებელი ელექტროგრაფის ცალკეული მონაკვეთები.

მრუდი, რომელიც შეესაბამება ელექტროდების II წყვილს, გამოსახავს ცალკეულ ვარიაციებს და არ გამოდის ლენტის ფარგლებიდან. I წყვილის

<sup>(1)</sup> ყველა ელექტროგრაფზე მსხვილი ხაზით აღნიშნული მრუდი შეესაბამება მე-2 არხს, ხოლო წვრილი ხაზით აღნიშნული — 1 არხს.

მრუდი კი ხასიათდება მეტად მკვეთრი რხევებით და მონაკვეთების უმრავლესობაზე (I—VI) გამოდის ელექტროგრამის ფარგლებს გარეთ. მიუხედავად ამისა, ელექტროგრამის საერთო ხასიათი კარგად ასახავს „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტს.

ელექტროგრამა № 42 (10.VIII.1960 წ.)



ფიგ. 2. ჩაწერის დრო—11<sup>55</sup>—11<sup>59</sup>. ზღვა ღელავს (მცირე ტალღები). ტალღების რაოდენობა წუთში—21. ელექტროდების I წყვილი იმყოფება პავლიონის ეზოში და ტალღის მიღწევის ზღვარზე, II წყვილი—პავლიონის ეზო—ზღვიდან 20 მ-ის მანძილზე. აღებულია V მგრძობობარობა.

ამპლიტუდათა შეფარდება  $\frac{a_1}{a_2} = 0,31$  (VII მონაკვეთისათვის) და 0,31 (VIII მონაკვეთისათვის)

საბოლოო III ეტაპზე გამოკვლევები ტარდებოდა ზღვის ნაპირისადმი პარალელური ორი დიდი დანადგარით, სადაც I წყვილი ელექტროდებისა ( $M_1N_1$ ), რომელთა გაშლაც 130 მ, უძრავად იყო ჩამიწებული ზღვასთან. II წყვილის ერთი ელექტროდი ( $M_2$ ) აგრეთვე უძრავად იყო ჩამიწებული  $M_1$  ელექტროდის მახლობლად; მეორე ელექტროდი ( $N_2$ ) კი გადანაცვლებოდა  $N_1$  ელექტროდიდან  $M_1$  და  $M_2$ -საკენ.  $N_2$  ელექტროდის გადანაცვლების ნაბიჯი—10 მ, და ასეთი გადანაცვლება ხდებოდა როგორც  $M_1N_1$  ხაზის გასწვრივ, ისე მის პერპენდიკულარულად, ხაზიდან 5—10 მ-ის გამოტანით.

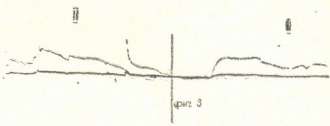
„ტალღის პოტენციალის“ ეფექტის შესწავლის მიზნით ელექტროდების საგრძნობი გაშლების (130 მ) გამოყენება დასაბუთებული იყო იმ მოსაზრებით, რომ ზღვის ღელვის დროს ტალღების შემოტევა ხმელეთზე არ ხდება მთლიანი, უწყვეტი ფრონტით, რომ ეს პროცესი ატარებს სინუსოიდურ ხასიათს და ელექტროდების დიდი გაშლის დროს მოვიცავთ როგორც ტალღის შემოტევის, ისე მისი უკან დახვევის უბნებს, რაც შესაძლებლობას იძლევა მივიღოთ პოტენციალთა საგრძნობი სხვაობა ზღვის სანაპირო ხაზისადმი პარალელური დანადგარის შემთხვევაშიც კი.

დაკვირვებების ზემოთ აღწერილი წესით მიღებული ელექტროგრამების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ზღვის ნაპირისადმი დიდი გაშლების მქონე (130 მ) დანადგარით ძირითადად შეიძლება „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტის ფიქსირება.

II წყვილ ელექტროდებზე  $N_2$  მოძრავი ელექტროდის მიახლოებით  $M_2$  უძრავ ელექტროდთან,  $M_1N_1$  ხაზის პერპენდიკულარული მიმართულებით,

ვლედულობთ ვარიაციათა საკმაოდ მკვეთრ სურათს, რაც ერთგვარად ასახავს ზღვის დღევით გამოწვეულ გავლენას. ელექტროდების შემდგომი მიახლოებით ( $M_2N_2 \cong 70$  მ), „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტის შენიშვნა უკვე ვეღარ ხერხდება.

ელექტროგრამა № 55 (16.III. 1960 წ.)



ელექტროდების I წყვილი ( $M_1N_1$ ) ჩამოწებულია უძრავად ზღვის ნაპირზე — ტალღის მიღწევის ზღვარზე.  $M_1N_1 = 130$  მ. II წყვილი ( $M_2N_2$ ) —  $M_2$  ელექტროდი ჩამოწებულია უძრავად  $M_1$ -ის მახლობლობაში, ხოლო  $N_2$  ელექტროდი  $N_1$ -დან 10 მ-ის მანძილზეა  $M_1N_1$  ხაზის პერპენდიკულარული მიმართულებით (პლაჟის მხარეს);

ჩაწერის დრო 11<sup>26</sup>—11<sup>28</sup>. ზღვა ღელავს. ტალღების რაოდენობა წუთში—10

გამოყენებულია IV მგრძნობიარობა. ამპლიტუდათა ფარდობა  $\frac{a_1}{a_2} = 3,6$  (II მონაკვეთი) და 7,5 (III მონაკვეთი). მრუდი, რომელიც შეესაბამება ელექტროდების I წყვილს, ხასიათდება უმნიშვნელო ვარიაციებით და ზოგიერთ უბანზე (III მონაკვეთი) უახლოვდება სწორ ხაზს. რაც შეეხება ელექტროდების II წყვილის შესაბამის მრუდს, ის თავისი ფორმით კარგად ასახავს ზღვის დღევას.

დედამიწის რეგიონალური ელექტრული დენების მიერ შექმნილი ფონის შესწავლის მიზნით პლაჟურ ზოლში ს. განთიადის ტერიტორიაზე ჩატარდა დაკვირვებები ჯვარედინა დანადგარის მეშვეობით. NS და EW ხაზების სიგრძე შეადგენდა 128 მ, ჩაწერის ხანგრძლივობა—10 წუთს.

NS მდგენელის ვარიაციები იწერებოდა ოსცილოგრაფის 1 არხზე, ხოლო EW-ისა—მე-2 არხზე. რეგისტრაციის დასაწყისში, როგორც NS-ს, ისე EW მდგენელისათვის ვილებდით IV მგრძნობიარობას, ხოლო შემდგომ, როცა დადგენილ იქნა, რომ EW მდგენელს ახასიათებს უფრო ინტენსიური ვარიაციები, ვიდრე NS მდგენელს, შერჩეული იყო შესაბამისი მგრძნობიარობა—IV—EW მდგენელისათვის და V—NS-თვის.

აღსანიშნავია, რომ მსგავსი კანონზომიერება დედამიწის ელექტრული დენების ვარიაციათა სხვადასხვა ინტენსივობისა EW და NS მდგენელთათვის დადგენილად დუშეთსა და ციხისჯვარში [3].

ვაჯამებთ რა ყოველივე ზემონათქვამს, უნდა აღინიშნოს, რომ ზღვის დღევით გამოწვეული პოტენციალთა სხვაობის შესწავლის მიზნით შავი ზღვის სანაპიროს ს. განთიადის უბანზე 1960 წელს ჩატარებულმა გამოკვლევებმა მოგვცა საყურადღებო მასალა, რომლის დამუშავება და ანალიზი გვადლევს საშუალებას დავასკვნათ შემდეგი:

1. 1959 წელს შავი ზღვის სანაპირო ზოლის სოხუმ-გუდაუთას უბანზე ელექტროსიძიებო სამუშაოების გამოყენების პროცესში შემჩნეული ეფექტი—



ზღვის ლეღვის დროს პოტენციალთა სხვაობის წარმოქმნა, რომელიც იძლეოდა პოტენციომეტრზე (ЭП—1) გაღვანომეტრის ისრის მდოვრე გადახრას ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების წერტილის ზღვის სანაპირო ხაზის უშუალო მახლობლობაში, სავსებით დადასტურდა მიმდინარე წელს ამ მიზნისათვის გამოყენებული უფრო ზუსტი ხელსაწყო—ელექტროსაძიებო ოსცილოგრაფის (ЭО—2) ჩანაწერებით.

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ, თუ პოტენციომეტრზე ეს ეფექტი (ჩვენი წინადადებით „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტი) შეამჩნევა მხოლოდ ზღვის უშუალო სიახლოვეს (5 მ-მდე), ელექტროსაძიებო ოსცილოგრაფი ამ რეგეებს შეიგრძნობს ელექტროდების ზღვიდან 20—25 მ მანძილით დაშორების შემთხვევაშიც.

2. ჩვენ მიერ გამოყენებული დანადგარებიდან „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტს და მის ჩაქრობას ზღვის ნაპირიდან ხმელეთის მიმართულებით ყველაზე მკაფიოდ ასახავს მართობული ხაზების დანადგარი, ხოლო შემდეგ პარალელური დიდი ხაზების დანადგარი ამ ხაზებისადმი პერპენდიკულარულად მოძრაივ  $N_2$  ელექტროდით. რაც შეეხება პარალელური მცირე ხაზების დანადგარს, ის ამ მიზნისათვის შეუფერებელია. ეს განპირობებულია იმით, რომ ტალღის შემოტევას ხმელეთზე პირველი მიახლოებით სინუსოიდური ხასიათი აქვს, სადაც მორიგეობენ მიმოქცევისა და უქუქცევის უბნები. მცირე დანადგარი მოიცავს ამ მთლიანი ციკლის მხოლოდ ერთ რომელიმე უბანს, სადაც პოტენციალთა სხვაობა უმნიშვნელოა, ამიტომ მისი ამსახველი ლენტებიც ძირითადად მშვიდ ველს გამოხატავენ.

პარალელური დიდი დანადგარის დროს პოტენციალთა სხვაობა ისაზღვრება ტალღის სხვადასხვა უბნების მიმართ და ამიტომ ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს მის მნიშვნელოვან სიდიდეებთან, რაც თავის მხრივ სათანადო ლენტებზე აისახება საკმაოდ მკვეთრი ვარიაციებით.

სანაპირო ხაზის მართობული დანადგარის ეფექტურობა განპირობებულია სწორედ პოტენციალის მკვეთრი ცვლილებებით ტალღის გარემოდან პლავის საწინააღმდეგო კიდის მიმართულებით, რაც „ტალღის პოტენციალის“ კანონზომიერი, თანდათანობითი ჩაქრობით აღინიშნება სათანადო ლენტებზე.

3. აღსანიშნავია, რომ ზღვის სანაპირო ხაზის მართობული დანადგარი, რომელიც ყველაზე უფრო ეფექტურად ასახავს პოტენციალის გრადიენტის ვარიაციებს, ემთხვევა დედამიწის დენების NS მდგენელის მიმართულებას, სადაც ვარიაციები შედარებით სუსტია და, პირუქუ. ზღვის სანაპირო ხაზის პარალელური დანადგარი, რომელიც „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტურ ასახვაში ჩამორჩება მართობულ დანადგარს—ემთხვევა EW მდგენელის მიმართულებას, დახასიათებულს ინტენსიური ვარიაციებით.

ეს გარემოება კიდევ უფრო მეტ დამაჯერებლობას მატებს ჩვენს მოსაზრებას დედამიწის რეგიონალური ელექტრული დენებისაგან სრულიად დამოუკიდებელი მოვლენის—„ტალღის პოტენციალის“ არსებობის შესახებ.

4. „ტალღის პოტენციალის“ ეფექტზე დაკვირვებით მიღებულმა მასალამ პრაქტიკული გამოყენება უნდა პოვოს პლავურ ზოლში ჩატარებულ



ელექტრული ზონდირებისა და ელექტროპროფილირების შედეგების გეოლოგიური ინტერპრეტაციის დროს.

5. რამდენადაც 1960 წელს ჩატარებული გამოკვლევები არ სცილდებოდა საცდელი სამუშაოების ფარგლებს და ისინი არ არიან თავისუფალნი რიგო-ნაკლოვანებებისაგან, ამიტომ მომავალში აუცილებელია ამგვარი კვლევის გაგრძელება უფრო ზუსტი ხელსაწყოებისა და დაკვირვებების უფრო ეფექტური მეთოდების გამოყენებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოფიზიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 14.4.1961)

დამიწვებული ლიტმეატურა

1. А. А. Цицишвили, Г. В. Татишвили. Отчет по работам Черноморской электроразведочной экспедиции за 1959; фонды Института геофизики АН ГССР и Кавгипротранса, 1960.
2. დ. ციციშვილი, ლ. ჭანტურიშვილი, გ. ტატიშვილი. ზღვის ელექტროსაძიებო ექსპედიციის მიერ 1960 წელს ჩატარებული ნუშაბის ანგარიში. 1960. (საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ფონდები).
3. В. В. Кеб у л а д з е. О методике и некоторых результатах стационарных наблюдений над земными электрическими токами в Душети и Цихисджвари (Груз. ССР). Труды Института геофизики АН ГССР, т. XIV, 1955.

ლ. მელიქიძე და ზ. ქიქოძე

ციკლოპრ ნახშირწყალბადებში გვერდითი ჯაჭვების  
ბანსაზღვრისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციცივილიმა 17.11.1960)

ნავთობის ციკლოპრ ნახშირწყალბადების ბუნების შეცნობისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ძირითადი სტრუქტურული ელემენტების დადგენის მეთოდების დამუშავებას. ამ მიმართულებით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გვერდითი ჯაჭვების რაოდენობის გარკვევა, რადგან ამჟამად გამოყენებული სტრუქტურულ-ჯგუფური ანალიზის მეთოდები ამ მხრივ ჯერ კიდევ არ შეიძლება სრულყოფილად ჩაითვალოს.

ჩვეულებრივ, ორგანულ ნაერთებში  $\begin{matrix} \diagup \\ \text{---C---CH}_3 \\ \diagdown \end{matrix}$  ჯგუფების დადგენა ხდება

ნივთიერების დაქანვით. დაქანვას ოზონით ან პერმანგანატით აწარმოებდნენ. შემდეგ პერმანგანატი ქრომმეფით შეცვალეს [2]. ეს უქანასკნელი უფრო ეფექტური აღმოჩნდა და ისეთ ნივთიერებათა შემთხვევაშიც კი გამოიყენება, რომლებიც წყალში ცნელად ან სრულებით არ იხსნება. მაშინაც კი, როდესაც ნივთიერების დაქანვა ქრომმეფით მცაფრ პირობებში მიმდინა-

რობს და მოლეკული  $\text{CO}_2$ -მდე და  $\text{H}_2\text{O}$ -მდე იწვის, დაჯგუფება  $\begin{matrix} \diagup \\ \text{---C---CH}_3 \\ \diagdown \end{matrix}$  ძირითადად მხოლოდ ძმარმეფამდე იქანება, უქანასკნელი კი მეტად მდგრადია და მქანველების მიმართ.

ამის საფუძველზე რიგი ავტორების მიერ (კუნი და ორსა [2], კუნი და როტი [1], ბარტელი და ლაფორჟი [3]) მოწოდებულია სპეციალური მეთოდები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია ორგანულ ნივთიერებაში შემცველი  $\begin{matrix} \diagup \\ \text{---C---CH}_3 \\ \diagdown \end{matrix}$  ჯგუფების ძმრის მეთვის სახით განსაზღვრა. შემ-

დგომი გაუმჯობესებისა და მოდიფიცირების [4] მეოხებით ამ გზით მრავალ შემთხვევაში საკმაოდ ზუსტი შედეგებია მიღებული და ამის საფუძველზე მას ფართოდ იყენებენ სხვადასხვა ორგანული ნაერთების ავებულების გამოკვლევისას C-თან დაკავშირებული მეთილის ჯგუფების რაოდენობის განსაზღვრისათვის. აღსანიშნავია, რომ ხსენებული მეთოდები, ლიტერატურული წყაროების მიხედვით, ძირითადად შემოწმებულია სპირტებზე, კეტონებზე, ეთერებზე, მეთაებზე და სხვა არანახშირწყალბადოვან ნაერთებზე და ამ მხრივ კარგი შედეგებიცაა მიღებული [1, 3].

სამწუხაროდ, ეს მეთოდები ნახშირწყალბადებზე საკმაოდ შემოწმებული არ არის და ამის გამო მათი უშუალოდ ნავთობის ნახშირწყალბადების კვლევის საქმეში გამოყენების შესაძლებლობა სათანადო დასაბუთებას მოითხოვს. მეტად მცირე მონაცემებია ლიტერატურაში ამ მეთოდების ციკლურ ნახშირწყალბადებზე გამოყენების შესახებ, მათ კი განსაკუთრებული ინტერესი ენიჭება ნავთობის შემადგენელ ნახშირწყალბადთა შესწავლის თვალსაზრისით.

ზემოხსენებულის საფუძველზე ჩვენ მიზნად დავისახეთ  $\text{—C—CH}_3$ , ჯგუფების განსაზღვრის ხსენებული მეთოდების შემოწმება სხვადასხვა აღნაგობის ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადებზე, რათა დაგვედგინა  $\text{—C—CH}_3$ , ჯგუფების

რაოდენობის განსაზღვრის სრულსტე და მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა მომავალში ნავთობის უცნობი ნახშირწყალბადების კვლევისათვის. არსებულ მეთოდებიდან, ლიტერატურული მონაცემების განხილვის საფუძველზე, კუნი-სა და ორსას მკრომეთოდი არადამაკმაყოფილებელი გამოდგა და დიდ ცდომილებით იძლევა (იხ. ცხრილში რიგით № 21). პარალელური ცდებით მიღებული შედეგები საგრძნობლად განსხვავებული აღმოჩნდა. იგივე ითქმის კუნი-სა და როტის მიკრომეთოდზეც. ამის გამო ჩვენ შეეჩინა ბარტელისა და ლაფორჟის მეთოდზე [3], რომელიც საკმაოდ კარგი გამოდგა, ცდის ტექნიკის მხრივ მარტივია და შედარებით მცირე დროს მოითხოვს. ეს მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს: 50 მლ ტევადობის კულაში, რომელსაც ყელზე გვერდით მაცივარი აქვს მიერთებული, თავსდება 20—30 მგ საკვლევი ნივთიერება. შენდეგ მას ემატება 5 მლ დამაჩენველი სითხე, რომელიც წარმოადგენს 16,8 გ ქრომის ანჰიდრიდისა და 20 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას ხსნარს 100 მლ წყალში. კულას ზევიდან ემაგრება შებრუნებული, სინჯარის ტიპის მაცივარი, რის შემდეგ სარეაქციო ნარევი ცხელდება ორი საათის განმავლობაში მიკროტრაჟის საშუალებით. რეაქციის დამთავრების შემდეგ უკუ-მაცივარი ჩაირეცხება მცირეოდენი წყლით, სარეაქციო ნარევი კულაში ემატება 7 გ მაგნეზი-სულფატი და წყლის ორთქლის გატარებით ხდება რეაქციის დროს წარმოქმნილი ძმარმჟავას გამოხდა. წყლის ორთქლის გატარებისას კულას გარედან აცხელებენ. ძმარმჟავას გამოხდას წყლის ორთქლით აწარმოებენ იქამდე, სანამ მიმღებში არ დაგროვდება 50 მლ კონდენსატი.

გამონახდაში დაგროვილ ძმრის მჟავას რაოდენობას საზღვრავენ გატიტრით—0,05 N ბარიუმქანგის ჰიდრატის საშუალებით (ინდიკატორი—ფენოლფტალენი). მიღებულ შედეგში საჭიროა შესწორების შეტანა, რასაც ახორციელებენ საკონტროლო ცდის დახმარებით. საკონტროლო ცდა ზუსტად იმავე პირობებში ტარდება, მაგრამ საკვლევი ნივთიერების გარეშე. საკვლევი ნივთიერებაში ჯგუფების რაოდენობა შეესაბამება ძმრის მჟავას აღმოჩენილ მკვიმოლეკულურ რაოდენობას.

ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ ჟანგვის სისწრაფე სხვადასხვა აგებულების ნახშირწყალბადებისათვის ერთნაირი არ არის. ზოგიერთი ნახ-

შირწყალბადი ძნელად იქანგება და ქანგვის რეაქციის დასრულებისათვის მეტ დროსა და დამქანგველის რაოდენობას მოითხოვს. ამისათვის საკვლევი ნივთიერების ქანგვის ოპტიმალური პირობები ყოველთვის წინასწარ უნდა იქნეს შერჩეული. ცნობილია, რომ ნორმალური პარათინული ნახშირწყალბადები განსაკუთრებულ მდგრადობას იჩენენ დამქანგველების მიმართ. მაგალითად, ნორმალური ჰებტანი თითქმის არავითარ ცვლილებას არ განიცდის იმ პირობებში, რომელიც მეთოდიკით არის მოცემული (იხ. ცხრილში რიგით № 9), მაშინ როდესაც ქრომმეხვას კონცენტრაციისა და რეაქციის დროის გადიდებით ძმრის მჟავას გამოსავალი, თეორიულთან შედარებით, 50%-ს აღწევს (იხ. ცხრილი, რიგით № 10). იგივე ითქმის დოდეკანზე (იხ. ცხრილში რიგით № 11 და 12) და ტეტრადეკანზე (იხ. ცხრილი, რიგით №№ 13, 14 და 15). ამავე დროს ციკლური ნახშირწყალბადები, რომლებშიც ალკილის ჯგუფები გვერდით ჯაჭვშია მოქცეული, შედარებით ადვილად იქანგებიან. განსაკუთრებით კარგ შედეგებს ვღებულობთ იმ ციკლური ნახშირწყალბადების შემთხვევაში, რომელთა გვერდითი ჯაჭვი ერთზე მეტი ნახშირბადისაგან შედგება. ასეთ შემთხვევაში ძმრის მჟავას გამოსავალი თეორიულს უახლოვდება და მეთოდი გვერდითი, ალიფატური ჯაჭვების რაოდენობის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. ზოგიერთ შემთხვევაში, როდესაც გვერდითი ჯაჭვი ერთი ნახშირბადისაგან შედგება, ძმრის მჟავას გამოსავალი საგრძნობლად ნაკლებია თეორიულზე და ასეთ შემთხვევაში მიღებული შედეგი მხოლოდ გვერდითი ჯაჭვის პრინციპულად არსებობის ფაქტზე მიგვითითებს (იხ. ცხრილი).

აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ ციკლური ნახშირწყალბადების შემთხვევაში, რომელთაც გვერდითი ჯაჭვები არ გააჩნიათ (მიუხედავად იმისა, არომატული ბუნების არიან ისინი, თუ ციკლოპარათინული), ძმრის მჟავას გამოსავალი მეტად უმნიშვნელოა, რაც იმ გარემოებაზე მიგვითითებს, რომ ასეთი ნახშირწყალბადები ქანგვის შედეგად ძმრის მჟავას არ წარმოქმნიან.

დიზობუთილ ანტრაცენის მაგალითზე ჩვენს შემთხვევაშიც დასტურდება ის აზრი [1,5], რომ გემჩანაცვლებული ალკილის ჯგუფების დაქანგვის შემთხვევაში მხოლოდ ერთი—ძმრის მჟავას მოლეკული შეიქმნება. ეს მხარეც მხედველობაში მისაღებია, როგორც მახასიათებელი სპეციფიურობა, ერთ ნახშირბადთან ორ ალკილჩანაცვლებული ნახშირწყალბადებისათვის.

ამგვარად, ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადებზე ჩატარებული კვლევის შედეგებს იმ დასკვნამდე მივყვართ, რომ ქანგვის აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით შეიძლება წარმოდგენა ვიქონიოთ ციკლური ნახშირწყალბადების გვერდითი ჯაჭვების რაოდენობაზე. დადგენილი სპეციფიურობის მხედველობაში მიღებით, აღნიშნული მეთოდი უთუოდ სარგებლობას მოგვითმის ნავთობის მაღალმოლეკულური ციკლური ნახშირწყალბადების შესწავლის საქმეში.



ცხრილი 1

| № რიგ. | ნივთიერება   | ფორმულა                         | C-CH <sub>3</sub> რიცხვი |          | ძმარმჭავას<br>გამოსავალი<br>% თუორისი |
|--------|--|---------------------------------|--------------------------|----------|---------------------------------------|
|        |  |                                 | ნახული                   | ნამდვილი |                                       |
| 1      | ანტრაცენი  | C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> | 0,06                     | 0        | —                                     |
| 2      | ფენანტრენი   | C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> | 0,06                     | 0        | —                                     |
| 3      | პერჰიდროანტრაცენი  | C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> | 0,03                     | 0        | —                                     |
| 4      | პერჰიდროფენანტრენი                                       | C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> | 0,07                     | 0        | —                                     |
| 5      | დიფენილმეთანი  | C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> | 0                        | 0        | —                                     |
| 6      | დიციკლოპენტილმეთანი                                      | C <sub>18</sub> H <sub>22</sub> | 0,04                     | 0        | —                                     |
| 7      | დიციკლოპენტილეთანი                                       | C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> | 0,05                     | 0        | —                                     |
| 8      | დოდეკაჰიდროტრიფენილენი                                   | C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> | 0,16                     | 0        | —                                     |
| 9      | ჰეპტანი  | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>  | 0,06                     | 2        | —                                     |
| 10     | იგივე (დამჟანგველის მაღალი კონ-<br>ცენტრაციის პირობებში) |                                 | 1                        | 2        | 50                                    |
| 11     | დოდეკანი   | C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> | 0,07                     | 2        | —                                     |
| 12     | იგივე (დამჟანგველის მაღალი კონ-<br>ცენტრაციის დროს)      |                                 | 0,26                     | 2        | 13                                    |
| 13     | ტეტრადეკანი  | C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> | 0                        | 2        | —                                     |
| 14     | იგივე (დამჟანგველის მაღალი კონც.)                        |                                 | 0,38                     | 2        | 19,0                                  |
| 15     | იგივე (დამჟანგველის მაღალი კონც.)                        |                                 | 0,45                     | 2        | 22,5                                  |
| 16     | ჰექსადეკანი  | C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> | 0,05                     | 2        | —                                     |
| 17     | იგივე (დამჟანგველის მაღალი კონც.)                        | C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> | 0,7                      | 2        | 35                                    |
| 18     | ტოლუოლი  | C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>   | 0,28                     | 1        | 28                                    |
| 19     | იგივე (დამჟ. მაღალი კონც.)                               |                                 | 0,53                     | 1        | 53                                    |
| 20     | ქსილოლი (მეტა)   | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>  | 0,83                     | 2        | 42                                    |
| 21     | ქსილოლი (მეტა) კუნისა და ორსას<br>მეთოდით (ლიტ. მონაც.)  |                                 | 0,24                     | 2        | 12                                    |
| 22     | მეთილნაფტალინი (წ)                                       | C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> | 0,86                     | 1        | 86                                    |
| 23     | დიმეთილნაფტალინი   | C <sub>12</sub> H <sub>12</sub> | 1,64                     | 2        | 82                                    |
| 24     | ბოპილიანტრაცენი  | C <sub>17</sub> H <sub>16</sub> | 0,82                     | 1        | 82                                    |
| 25     | ბუთილანტრაცენი   | C <sub>18</sub> H <sub>18</sub> | 0,91                     | 1        | 91                                    |
| 26     | დიპროპილანტრაცენი  | C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> | 1,64                     | 2        | 82                                    |
| 27     | დიბუტილანტრაცენი   | C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> | 1,70                     | 2        | 85                                    |
| 28     | დიპნობუტილანტრაცენი                                      | C <sub>23</sub> H <sub>26</sub> | 1,79                     | 4        | 45                                    |
| 29     | 10 ეთილ-1,2-ბენზანტრაცენი                                | C <sub>20</sub> H <sub>16</sub> | 0,73                     | 1        | 73                                    |
| 30     | პენტაეთილბენზოლი   | C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> | 4,5                      | 5        | 90                                    |
| 31     | ჰექსაეთილბენზოლი   | C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> | 3,1                      | 6        | 50                                    |
| 32     | იგივე (დამჟანგველის მაღალი კონც.)                        |                                 | 5,5                      | 6        | 90                                    |
| 33     | დიჰიდროდიპროპილანტრაცენი                                 | C <sub>28</sub> H <sub>28</sub> | 2,1                      | 2        | 105                                   |

დასკვნები

1. შემოწმებულია ინდივიდუალურ, ციკლურ ნახშირწყალბადებზე ბარ-  
ტელისა და ლა-ფორეს მიერ მოწოდებული  $\text{C}-\text{CH}_3$  ჯგუფების განსაზღ-  
ვრის მეთოდი.

2. დადგენილია, რომ ციკლური ნახშირწყალბადები, რომლებიც გვერ-  
დით ალკილის ჯგუფებს არ შეიცავენ, ჟანგვის პირობებში ძმარმჭავას არ  
წარმოაშობენ (მიუხედავად იმისა, თუ რომელი რიგის ნახშირწყალბადებს  
ეკუთვნიან ისინი).

3. დადასტურებულია, რომ გემიანაცვლებული ალკილის ჯგუფების და-  
ქანგვით ძმარმეფას მხოლოდ ერთი მოლეკული მიიღება.

4. ნაჩვენებია, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც ნახშირწყალბადების  
გვერდითი ჯაჭვი ერთ ნახშირბად ატომზე მეტს შეიცავს, ძმრის მეფას გა-  
მოსავალი ყოველთვის თეორიულს უახლოვდება და მეთოდი გვერდით ჯაჭვე-  
ბის რაოდენობის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახელობის

ქიმიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 17.11.1960)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. М. Беликов. Количественное определение метильных групп, связанных с уг-  
леродом. Успехи химии, т. XXI, вып. 4, 1952.
2. R. Kuhn, F. L'Orsa. Analyse organischer Verbindungen durch Oxydation mit  
Chromsäure. Z. ang. Chem. 44, 1931, 847.
3. W. F. Rarthel, F. R. La Forge. Determination of Carbon Linked Methyl  
Groups. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 16, 1944, 434.
4. C. Gerbers, H. Schmid u. P. Karrer. Modification der C—Methylbestim-  
mungsmethode bei Verwendung kleinster Lubstanzmengen: Helv, Chim. Acta,  
37, № 4, 1954.
5. E. I. Eisenbraun, S. M. Mc Elvain and R. F. Aycock. Som Observation  
on the C—Methyl Determination. I. Amer. Chem. Soc. 76, № 2, 1954.

**შეშვა**

ს. პაპუაშვილი, მ. ბარბატი

**ტემპერატურის გავლენა მჟავით გააქტივებული ბენტონიტური  
თიხების გაცვლით მჟავიანობაზე**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ციციშვილმა 5.1.1961)

როგორც ცნობილია, მჟავით გააქტივებულ თიხებზე ორგანულ ნაერთთა კატალიზური გარდაქმნის, ადსორბციული და სხვა პროცესების ჩატარება წშირად მაღალი ტემპერატურის პირობებში ხორციელდება. ამასთან დაკავშირებით მჟავით გააქტივებული თიხების გაცვლით მჟავიანობაზე ტემპერატურის გავლენის გამოკვლევას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. მით უმეტეს, რომ ალუმოსილიკატურ კოლოიდურ-დისპერსიულ სისტემებში საერთოდ გაცვლითი და აქტიური ცენტრების ბუნების შესახებ მკვლევართა შორის არ არსებობს ერთიანი აზრი და დღემდე ეს საკითხი გაუცხოვლებული დისკუსიის საგანს წარმოადგენს [1, 2, 3, 5, 6, 7].

გ. ჩერნოვმა და მისმა თანამშრომლებმა [1] დაადგინეს, რომ განზავებული მჟავით დამუშავებული ან ელექტროდიალიზებული თიხის გაცვლითი მჟავიანობა და მასთან ერთად გაცვლითი  $H^+$  და  $Al^+$  ოდენობრივი შეფარდება საგრძნობლად იცვლება თერმული დამუშავებისას (შედარებით დაბალი ტემპერატურის პირობებში). თუმცა, მკვლევართა ერთი ნაწილის მონაცემებით, მჟავით გააქტივებული ზოგიერთი თიხის გაცვლითი მჟავიანობა საკმაოდ მაღალ მდგრადობას იჩენს ტემპერატურის მიმართ.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა გამოგვეკვლია მჟავით გააქტივებული საქართველოსა და უკრაინის ზოგიერთი ბენტონიტური თიხის გაცვლით მჟავიანობაზე ტემპერატურის გავლენა, აღნიშნული თიხების ამ მიმართულებით შესწავლა მიზანშეწონილად მივიჩნით აგრეთვე იმის გამო, რომ ამ საკითხის ირგვლივ ნაკლებად მოიპოვება ლიტერატურული მონაცემები.

საქართველოს ბენტონიტური თიხებიდან ავიღეთ ასკანთიხა და ასკანგელი, უკრაინის თიხებიდან კი—ყირიმისა და გოჩბკის ბენტონიტური თიხები<sup>(1)</sup>. აღებულ თიხებს 3-4 საათის განმავლობაში ვამუშავებდით არსებული მეთოდის [8]. მიხედვით 20%-იანი გოგირდმჟავით ან 16%-იანი მარილმჟავით. დამუშავებას ვაწარმოებდით როგორც დუღილის, ისე ოთახის ტემპერატურის პირობებში.

<sup>(1)</sup> ნახაზებზე კენტი რიგებით აღნიშნული მრუდები გამოზატავს გაცვლითი მჟავიანობის ცვლილებას ტემპერატურის მიხედვით, წყვილი რიგებებით აღნიშნული მრუდები კი—გაცვლითი  $H^+$  და  $Al^{3+}$  ოდენობრივი შეფარდების  $\left(\frac{H^+}{Al^{3+}}\right)$  ცვლილებას.

დამუშავებულ სინჯებს ჰარბი მჟავისა და წარმოქმნილი ალუმინის, აგრეთვე რკინის მარილებისაგან განთავისუფლების მიზნით ვფილტრავდით, შემდგომ კი ვრეცხავდით წყლით  $SO^-$  და  $Cl^-$  იონების სრულ მოშორებამდე. წყლით წინასწარ გარეცხილ სინჯებს ზოგ შემთხვევაში კიდევ დამატებით ვწმენდით ხანმოკლე ელექტროდიალიზით (გასუფთავების ხარისხის გაუმჯობესებას მიზნით).

ვაწმენდილ, ნესტიან (სინესტე 50-60%) ან წინასწარ 35-40° პირობებში გამოშრალ სინჯებს (სინესტე 15%) თერმულად დამუშავებდით სხვადასხვა ტემპერატურაზე 3 საათის განმავლობაში. მჟავით გააქტივებულ სინჯებთან რომ შეგვედარებინა, ტემპერატურის გავლენა შევისწავლეთ მჟავით დამუშავებული ელექტროდიალიზებული ასკანგელისა და ასკანთიხის გაცვლით მჟავიანობაზეც. გაცვლითი მჟავიანობის განსაზღვრის მიზნით თერმულად დამუშავებული თიხები  $KCl$ -ის ხსნარით დავამუშავეთ, რის შემდეგ მარილგამონაწურებში განსაზღვრეთ მჟავიანობა პოტენციომეტრიული ტიტრაციის მეთოდით (მინის ელექტროდის გამოყენებით). მარილგამონაწურებში წონითი მეთოდით განსაზღვრეთ აგრეთვე ალუმინის იონები, კოლორიმეტრიულად კი — რკინისა.

კვლევის შეჯამებული შედეგები წარმოდგენილია ნახაზების სახით, სადაც აბსცისათა ღერძზე მოცემულია ტემპერატურა; ორდინატთა ღერძზე კი — გაცვლითი მჟავიანობა და გაცვლით  $H^-$  და  $Al^-$ -იონთა შორის ოდენობრივი შეფარდება.

აღსანიშნავია, რომ საქართველოს ბენტონიტური თიხები—ასკანგელი და ასკანთიხა—საკმაოდ მაღალ გაცვლით მჟავიანობას ინარჩუნებენ მჟავით გააქტივების შემდეგ (თერმულ დამუშავებამდე) და ეს ძირითადად გაპირობებულია ალუმინის იონებით. ეს ფაქტი საყურადღებოა იმ მხრივ, რომ საკამოდ მაღალი კონცენტრაციისა (20%-იანი) და დიდი რაოდენობის მჟავით დამუშავებისას თიხაში შეცული ალუმინის საკმაოდ რაოდენობა ხსნარში გადადის, რის გამოც მისი %-ული შეცულობა თიხაში საკმაოდ მცირდება, სილიციუმისა კი იზრდება. ამის გამო მოსალოდნელი იყო, რომ მჟავით გააქტივებული თიხების  $KCl$ —გამონაწურების მჟავიანობა და ამასთან ერთად გაცვლითი ალუმინისა და წყალბადის ოდენობრივი შეფარდება მკვეთრად შემცირდებოდა, როგორც ეს ჩერნოვისა და მისი თანამშრომლების შრომაშია ნაჩვენები [9]. ასკანგელი და ასკანთიხა ასეთ მკვეთრ პირობებში მჟავებით დამუშავების შემდეგ მაინც საკმაოდ რაოდენობით შეიცავენ ადვილმოძრავ ალუმინს. ამასთან ერთად მარილმჟავით დამუშავებული ასკანთიხისა და ასკანგელის გაცვლითი მჟავიანობა ბევრად აღემატება გოგირდმჟავით დამუშავებულისას (ნახ. 1—3).

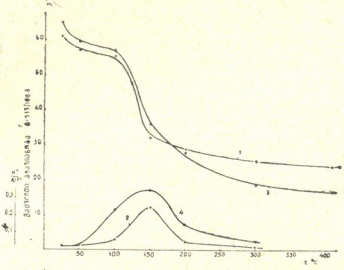
მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ მჟავით დამუშავებული ასკანგელისა და ასკანთიხის ნესტიანი სინჯების გაცვლითი მჟავიანობა მათი გახურებისას მკვეთრად იცვლება (ნახ. 1-3). იგივე ითქმის მჟავით დამუშავებული ელექტროდიალიზებული ასკანთიხის შესახებ (ნახ. 4), რომელიც  $Al^-$ -თიხას წარმოადგენს.

საყურადღებოა ის გარემოება, რომ როგორც მარილმჟავით, ისე გოგირდმჟავით გააქტივებული ასკანგელისა და ასკანთიხის გაცვლითი მჟავიანობა



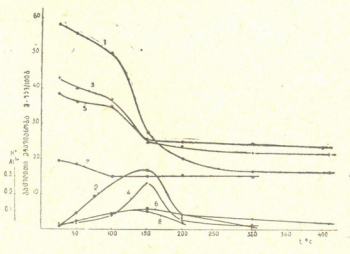
ტემპერატურის გავლენა მჟავით გააქტივებული ბენტ. თიხების მჟავიანობაზე

დაახლოებით 90-100°-მდე გახურებისას შედარებით ნაკლებად მცირდება, ხოლო 90—100°-დან 150-170°-მდე გახურებისას ხდება მისი მკვეთრი შემცირება; უფრო მეტი გახურება, 400-450°-მდე, იწვევს კვლავ მცირე დაცემას. მაგალი-



ნახ. 1. ტემპერატურის გავლენა მარილმჟავით გააქტივებული თიხების გაცვლით მჟავიანობაზე (მყარი ფაზის შეფარდება სითხესთან 1:1): 1-2—გააქტივებული ასკანგელი; 3-4—გააქტ. ასკანთიხა

თად, თუ HCl-ით გააქტივებული ასკანთიხის გაცვლითი მჟავიანობა 25°-დან 100°-მდე გახურებისას 58 მ-ეკვ/100 გ-დან მხოლოდ 50 მ-ეკვ/100 გ-მდე მცირ-



ნახ. 2. ტემპერატურის გავლენა მარილმჟავით გააქტივებული თიხების გაცვლით მჟავიანობაზე (მყარი ფაზის შეფარდება სითხესთან 1:2): 1-2—გააქტივებული ასკანთიხა; 3-4—გააქტ. ასკანგელი; 5-6—გააქტ. ყირიმის თიხა; 7-8—გააქტ. გორბკის თიხა

დება, 100°-დან 200°-მდე გახურებისას იგი 20 მ-ეკვ-მდე ეცემა (ნახ. 1). ტემპერატურის შემდგომი ზრდა 200°-დან 400°-მდე აღარ იწვევს გაცვლითი მჟა-

ვიანობის ასეთ მკვეთრ შემცირებას, ტემპერატურის ამ შუალედში იგი 20-დან მხოლოდ 16 მ-ეკვ-მდე მცირდება. ამას გარდა, მარილმჟავათი გააქტივებული ასკანთიხისა და ასკანგელის გაცვლითი მჟავიანობის ცვლილების მრუდები ტემპერატურის მიხედვით უფრო დაბლა იყო იმ შემთხვევაში, როცა მათ დამუშავებას ვაწარმოებდით მყარი ფაზისა და სითხის 1:2 შეფარდების პირობებში, ვიდრე მაშინ, როცა ეს შეფარდება 1:1 ტოლი იყო (ნახ. 1—2).

აღსანიშნავია აგრეთვე ის გარემოება, რომ მჟავით გააქტივებული ასკანთიხისა და ასკანგელის მარილგამონაწურებში შეცვლილი ალუმინის იონებისა და საერთო მჟავიანობის ოდენობრივ ცვლილებათა ხასიათი სრულიად მსგავსია ერთიმეორისა. რაც შეეხება წყალბადიონებს, დაბალ ტემპერატურულ პირობებში (25°-დან 70-80°-მდე) დამუშავებული თიხების მარილგამონაწურებში ისინი ძალიან მცირე რაოდენობითაა შეცვლილი, ე. ი. მარილგამონაწურის საერთო მჟავიანობა ძირითადად გაპირობებულია ალუმინის იონებით. თერმული დამუშავების ტემპერატურის შემდგომი ზრდა 70-80°-დან 150°-მდე იწვევს H-იონთა რაოდენობის შესამჩნევ ზრდას, ხოლო სინჯების უფრო მეტ გახურებას 150°-დან 400°-მდე თან სდევს H-იონთა მკვეთრი შემცირება მარილგამონაწურებში, ისინი პრაქტიკულად თითქმის მთლიანად ისპობა.

ამგვარად, მჟავით გააქტივებული და შემდგომ თერმულად დამუშავებული ასკანთიხისა და ასკანგელის მარილგამონაწურებში H- და Al-იონთა რაოდენობ-

რივი შეფარდება  $\left(\frac{H^+}{Al^{3+}}\right)$  ტემპერატურის მიხედვით ჯერ შესამჩნევად იზრდება და მაქსიმუმზე გავლით შემდგომ მკვეთრად ეცემა (ნახ. 1-3). თიხების თერმული დამუშავების გარკვეულ ტემპერატურულ შუალედში H-იონთა რა-

ოდენობის, ანუ  $\left(\frac{H^+}{Al^{3+}}\right)$  შეფარდების ზრდა შესაძლებელია ნაწილობრივ იმით

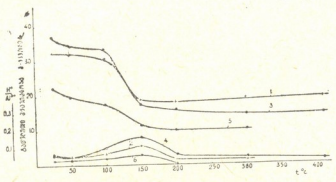
იყოს გამოწვეული, რომ მჟავით გააქტივებული ასკანთიხისა და ასკანგელის სრული გაწმენდა ალუმინის მარილებისაგან, რომელიც წარმოიქმნა მჟავით გააქტივების პროცესში, არ ხდება ჩვეულებრივი ჩარეცხვითა და აგრეთვე დამატებითი ზანმოკლე ელექტროდიალიზით. გააქტივებულ თიხებში შეცვლილი ეს მარილები თერმული დამუშავებისას განიცდიან ჰიდროლიზს, რის გამოც მათ მარილგამონაწურში იზრდება H-იონთა რაოდენობა. თიხების უფრო მაღალ ტემპერატურაზე (150° ზემოთ) დამუშავებისას კი ჰიდროლიზის გამო წარმოქმნილი მჟავა სწრაფად ორთქლდება და მათ მარილგამონაწურებში H-იონთა რაოდენობა კვლავ მცირდება.

მჟავით გააქტივების გარეშე ელექტროდიალიზებული ასკანთიხის თერმული დამუშავებისას გაცვლითი მჟავიანობის ცვლილების ხასიათი ტემპერატურის მიხედვით ისეთივეა, როგორც მჟავით გააქტივებული თიხისა. მხოლოდ, როგორც მოსალოდნელი იყო, განსხვავება იმაშია, რომ ელექტროდიალიზებული ასკანთიხის მარილგამონაწურებში H- და Al-იონების ოდენობრივი შეფარდება მცირე სიდიდისაა და ტემპერატურის მიხედვით უმნიშვნელოდ იცვლება

ნახ. 4).  $\frac{H^+}{Al^{3+}}$  ცვლილების ასეთი ხასიათი საცხებით გასაგებია, რამდენადაც

მჟავით დამუშავებული, ელექტროდიალიზებული ასკანთისა Al-თიხას წარმოადგენს [10] და მისი მარილგამონაწურის მჟავიანობა ძირითადად გაპირობებულია მხოლოდ გაცვლითი Al-იონებით.

ეს მონაცემები აგრეთვე გვიჩვენებს, რომ ელექტროდიალიზებული ასკანთის (მჟავით გააქტივების გარეშე) გაცვლითი მჟავიანობის ცვლილების მრუდი ტემპერატურის მიხედვით უფრო დაბლა მდებარეობს, ვიდრე მჟავით გააქტივებულსა. საერთოდ მჟავით დამუშავებული, ელექტროდიალიზებული ასკანთის გაცვლითი მჟავიანობა ჩვეულებრივთან შედარებით მცირეა, რაც იმითაა გამო-



ნახ. 3. ტემპერატურის გავლენა გოგირდმჟავით გააქტივებული თიხების გაცვლით მჟავიანობაზე (მყარი ფაზის შეფარდება სითხესთან 1:2): 1-2—გააქტივებული ასკანგელი; 3-4—გააქტ. ასკანთისა; 5-6—გააქტ. ყირიმის თიხა

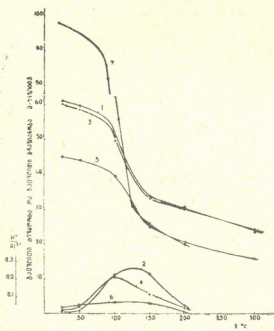
წვეული, რომ მისი ელექტროდიალიზი ჩატარებული იყო მოკლე დროში და თიხიდან გაცვლითი კათიონების მხოლოდ ნაწილობრივი გამოტანა (დესორბცია) მოხდა. მაგრამ, როგორც ჩვენ მიერ იყო ნაჩვენები [6, 7, 9], ასკანგელის ელექტროდიალიზის პროცესში წარმოქმნილი გაცვლითი ალუმინის ანუ გაცვლითი მჟავიანობის რაოდენობა პირდაპირ დამოკიდებულებაშია დესორბირებული კათიონების რაოდენობასთან. მაშასადამე, ელექტროდიალიზებული ასკანთის გაცვლითი მჟავიანობის აღებული სიდიდე მის ზღვრულ მნიშვნელობასთან შედარებით მცირე უნდა იყოს.

მიღებული მონაცემების მიხედვით მჟავით გააქტივებული უკრაინის ბენტონიტების—ყირიმისა და გორბკის თიხების—გაცვლითი მჟავიანობა შედარებით მცირე სიდიდისაა და თერმული დამუშავების მიმართ საკმაოდ მაღალ მდგრადობას იჩენს მჟავით გააქტივებული ასკანთისა და ასკანგელის გაცვლით მჟავიანობისაგან განსხვავებით; 25°-დან 400°-მდე მათი გაცვლითი მჟავიანობა უმნიშვნელოდ მცირდება (ნახ. 2, 3).

ასეთი განსხვავება საქართველოსა და უკრაინის მჟავით გააქტივებული თიხების გაცვლით მჟავიანობის ცვლილებათა შორის თერმული დამუშავებისას შესაძლებელია დაკავშირებული იმ გარემოებასთან, რომ უკრაინის თიხები მინერალოგიური შედგენილობით საკმაოდ განსხვავდებიან საქართველოს ბენტო-

ნიტებისაგან და ამ უკანასკნელთან შედარებით გააჩნიათ მცირე გაცვლითი ტევადობა [11]. თიხების თერმული დამუშავებისას კათიონთა გაცვლის უნარი უფრო მეტად მცირდება მათში შეცვლილი იმ თიხამინერალებსათვის, რომელთა შიგარისტალური გაჯირჯება უფრო დიდია [12].

როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, მჟავით გააქტივებული ასკანთიხისა და ასკანგელის გაცვლითი მჟავიანობის მკვეთრი დაცემა ხდება დაახლოებით 90-100°-დან 150-170°-მდე თერმული დამუშავებისას. ეს ფაქტი საყურადღებოა იმ მხრივ, რომ მონტმორილონიტური ტიპის თიხების თერმული გახურების მრუდზე პირველ ენდოთერმულ ეფექტს ადგილი აქვს ამავე ტემპერატურულ შუალედში, ე. ი. როცა თიხას შორდება ადსორბციული (ბმული) წყლის ძირითადი რაოდენობა [12, 13, 14].



ნახ. 4. ტემპერატურის გავლენა მარილ-მჟავით გააქტივებული და გაუაქტივებული (ელექტროდიალიზებული) თიხების გაცვლითი მჟავიანობაზე: 1-2—მჟავით გააქტივებული, ელექტროდიალიზებული, ნესტიანი ასკანგელი; 3-4—მჟავით გააქტივებული, ელექტროდიალიზებული, გამომშრალი ასკანგელი; 5-6—ელექტროდიალიზებული ასკანგელი; 7—Li-მონტმორილონიტის გაცვლითი ტევადობა [15].

ამის მიზეზი შესაძლებელია ვეძიოთ იმ გარემოებაში, რომ ბენტონიტური თიხების გაცვლითი ტევადობის მკვეთრი დაცემა თერმული დამუშავებისას ტემპერატურის ამავე ფარგალში ხდება. საქმე ისაა, რომ, როგორც ჰოფმანისა და მისი თანამშრომლების [15, 16] მიერ იყო ნაჩვენები, მონტმორილონიტური თიხების გახურებისას საგრძნობლად იცვლება არა მარტო საერთო გაცვლითი ტევადობა, არამედ ცალკეულ კათიონთა შეფარდებითი გაცვლის უნარიც. მაგალითად, Li-მონტმორილონიტში Li-იონების შენაცვლება მეტალთა სხვა კათიონებით მკვეთრად მცირდება 125°-მდე გახურებისას.

უფრო დიდი რადიუსის მქონე კათიონებით გაჯერებულ მონტმორილონიტში გაცვლითი უნარის მკვეთრი დაცემა ბევრად უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იწყება. ჰოფმანისა და ენდელის აზრით, ეს იმითაა გამოწვეული, რომ თერმული დამუშავების დაბალ ტემპერატურულ პირობებში მცირე ზომის Li-იონები უფრო იოლად შედიან მონტმორილონიტის კრისტალურ გისოსში, ვიდ-



რე დიდი რადიუსის მქონე კათიონები; იქ ხდება მათი ფიქსირება, რაც იწვევს მათი გაცვლითი უნარისა და აგრეთვე შიგაქრისტალური გაჭირვების მკვეთრ შემცირებას.

თუ ამ მკვლევართა ზემოთ აღწერილ მონაცემებს შევუდარებთ მჟავით გააქტივებული ასკანთიხისა და ასკანგელის გაცვლითი მჟავიანობის ცვლილებას ტემპერატურის მიხედვით, დავინახავთ, რომ მათ შორის სრული მსგავსებაა (სურ. 4).

როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, ასკანგელისა და ასკანთიხის ელექტროდიალიზებისას ან მჟავური დამუშავებისას მინერალ მონტმორილონიტის ოქტაედრული ფენის ალუმინის ნაწილი გაცვლით მდგომარეობაში გადადის, რის გამოც თიხის ნაწილაკთა ზედაპირი პრაქტიკულად მხოლოდ ამ იონებითაა გაცხერებული. ვინაიდან ალუმინის იონური რადიუსი მცირეა [12] და ამასთან ერთად იგი თიხა მინერალების ძირითადი სტრუქტურული ელემენტია. ამიტომ ასეთი ობიექტების თერმული დამუშავებისას გაცვლით Al-იონთა უმეტესი ნაწილი საფიქრელია კვლავ იოლად გადავიდეს ოქტაედრულ, არაგაცვლით მდგომარეობაში შედარებით ჯერ კიდევ დაბალი ტემპერატურის დროს (90-150° შუალედში); ეს კი გამოიწვევს გაცვლითი მჟავიანობის მკვეთრ შემცირებას თერმული დამუშავების ამ უბანზე.

ამგვარად, მჟავებით ( $H_2SO_4$  და  $HCl$ ) გააქტივებული საქართველოს ბენტონიტური თიხების (ასკანგელისა და ასკანთიხის) გაცვლითი მჟავიანობა ბევრად აღემატება გააქტივებული ყირიმისა და გორბკის (უკრაინის სსრ) ბენტონიტური თიხების მჟავიანობას. მჟავით გააქტივებული ასკანგელისა და ასკანთიხის გაცვლითი მჟავიანობა, რაც პრაქტიკულად მხოლოდ Al-იონებითაა გაპირობებული, საგრძნობლად იცვლება თერმული დამუშავებისას (25°-დან 400°-მდე); უკრაინის ბენტონიტური თიხების შემთხვევაში კი ეს ცვლილება უმნიშვნელოა. ამასთან, როგორც გააქტივებული, ისე გაუაქტივებელი (ელექტროდიალიზებულ) ასკანთიხისა და ასკანგელის გაცვლითი მჟავიანობის მკვეთრი შემცირება ხდება 90-100°-დან 150-170°-მდე გახურებისას, რომლის დროს ალუმინის უმეტესი ნაწილი გაცვლით—ადსორბციული მდგომარეობიდან მოსალოდნელია ხელახლა გადავიდეს მონტმორილონიტის კრისტალური გისოსის ოქტაედრულ ფენში—არაგაცვლით მდგომარეობაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახელობის  
ქიმიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.1.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. А. Чернов. О природе почвенной кислотности. Изд. АН СССР, 1947.  
2. А. В. Агафонов. Алумосиликатные катализаторы. ГОНТИ, М.—Л., 1952.  
3. А. П. Баллод, К. В. Топчиева. Природа каталитического действия алюмосиликатов. Успехи химии, 20, 1951, 20.

4. К. Г. Миессеров. Природа активных центров алюмосиликатных катализаторов. Успехи химии, 22, 1953, 279.
5. Ch. Thomas. Chemistry of Clay Cracking Catalysts. Ind. Eng. Chemistry, 42, 1950, 866.
6. С. Н. Папуашвили, М. Е. Шишнинашвили, Л. В. Куридзе. Обменная кислотность в коллоидных системах природных алюмосиликатов. Колл. журн., 22, 1960, 454.
7. С. Н. Папуашвили, И. Саришвили. Некоторые вопросы об обменной кислотности почв. Труды Груз. Сельско-хозяйственного института, 29, 1948, 79.
8. С. С. Филатов. Производство активированных отбеливающих глин (асканита). Сб. „Бентонитовые глины Грузии“, Тбилиси 1941, стр. 128.
9. В. А. Чернов, Н. И. Беяева, В. С. Максимова. О скорости реакции замещения в глине поглощенных ионов водорода ионами алюминия. ДАН СССР, 110, 1956, 849.
10. ს. პაპუაშვილი, მ. შიშნიაშვილი, ლ. აგლაძე. ასკანგელის მკაეიანობის ბუნების შესახებ და გაცვლითი ალუმინის გავლენა მის კოლოიდურ-ქიმიურ თვისებებზე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პ. მელიქიშვილის სახელობის ქიმიის ინსტიტუტის შრომები, 12, 1956, 23.
11. Ф. Д. Овчаренко, С. Ф. Быков. Влияние различных факторов на гидрофильность бентонитов. Сб. „Бентонитовые глины Украины“, I, Киев, 1955.
12. Р. Грим. Минералогия глин, М., 1959.
13. М. Л. Роква. К петрографии и минералогии гумбрина и бентонитовых глин. Сб. „Бентонитовые глины Грузии“. Тбилиси, 1941, стр. 47.
14. А. М. Денисов, Д. Н. Коваленко. Минералогический состав глин месторождения УССР. Сб. „Бентонитовые глины Украины“, I, Киев, 1955, стр. 15.
15. U. Hofmann, J. Endell. Abhängigkeit des Kationenaustausches und der Quellung bei Montmorillonit von der Vererhitzung. Ver. Deut. Chem. Beihfte, 35, 1939, 10.
16. U. Hofmann, R. Klemen. Verlust der Austauschfähigkeit von Lithiumionen an Bentonit durch Erhitzung. Z. Anorg. Chemie, 262, 1950, 95.



გეოგრაფია

ს. ნემანიშვილი

ნეოტექტონიკის ზოგიერთი ნიშანი მდ. ენგურის აუზში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ჯავახიშვილმა 5.10.1960)

მდ. ენგურის აუზი საქართველოს კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის მნიშვნელოვან ფართობს მოიცავს. მასში შეიძლება ორი ძირითადი ნაწილი იქნეს გარჩეული: ქვედა — დაბლობი და ზედა — საშუალო და მაღალმთიანი. ამ ზონათა შორის საზღვარი შედარებით მკვეთრია და იქ გადის, სადაც კოლხეთის დაბლობის ჩრდილოეთით მდებარე გორაკ-ბორცვიან რელიეფს ცარცული კირქვებით აგებული მთიანი მხარე ეკვლის.

აუზის ზედა ზონა აგებულია სხვადასხვაგვარი ქანების მორიგეობით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი როლი ლიასურ ფიქლებს, ბაიოსურ პორფირიტულ წყებებს და ცარცულ კირქვებს ეკუთვნის. ლიასი ხშირად ასპიდურთი ფიქლებით არის წარმოდგენილი და მათ ზოგ შემთხვევაში ისეთივე გავლენა აქვთ ხეობის ტიპის განსაზღვრაში, როგორც, მაგალითად, ბაიოსური პორფირიტული წყების ქანებს.

მიუხედავად იმისა, რომ ჩამოთვლილი ქანები ეროზიისადმი გამძლეობის თვალსაზრისით სხვადასხვა ხასიათისაა, აუზის მთიან ზონაში თითქმის ყველა ხეობა დიდი სიღრმით და სივიწროვით გამოირჩევა, ხოლო პორფირიტულ და კირქვის ქანებში განვითარებულ ნაწილებს სხვასთან შედარებით უკიდურესად ველური ხასიათი აქვს.

ხეობათა ასეთი ხასიათი გამოწვეულია არა მარტო ამგებელი ქანების ბუნებით, არამედ მხარის აღმავალი ტექტონიკური მოძრაობით, რომელსაც დაახლოებით ისეთივე ინტენსივობა აქვს, როგორც მდინარეთა სიღრმით ეროზიულ მოქმედებას. სხვაგვარად წარმოდგენილია ისეთი მდგომარეობა, როდესაც მდ. ენგურის და მის შემდინარეთა ხეობები ჩაჭრილი არიან 2000 და 3000 მეტრზეც კი. ეს ფაქტი იმაზეც მიგვითითებს, რომ მხარის აღმავალ ტექტონიკურ მოძრაობას ხანგრძლივ გეოლოგიურ პერიოდში განუწყვეტელი ხასიათი აქვს. ამ უკანასკნელს თავის მხრივ ხეობის ზოგიერთ უბანში ტერასების სრულიად უქონლობაც ამტკიცებს.

ახალგაზრდა ტექტონიკური მოძრაობის ფაქტს უკანასკნელ ხანებში უმთავრესად გეომორფოლოგიური ნიშნებით ადგენენ; მათი შემჩნევა ყველაზე კარგად მხოლოდ ხეობებში შეიძლება. ხეობათა სივიწროვე, ტალღევის გამოუმუშავებლობა, ფერდობთა ძლიერი დანაწევრება, ხეობებში გაფართოებული და შევიწროებული უბნების მორიგეობა, ალუვიურ ნალექთა მექანიკური შედგენილობის ხასიათი და მრავალი სხვა ძირითადად ახალგაზრდა ტექტონიკური



მოდრაობის გამოვლინებებთან არის დაკავშირებული. სწორედ ასეთ ნიშნებზე გვსურს ორიოდ სიტყვის თქმა მდ. ენგურის აუზის ზოგიერთი ხეობის შესახებ, სადაც ჩვენი დაკვირვებით და მოსაზრებით ახალგაზრდა ტექტონიკურ (აღმავალ) მოძრაობებს უნდა ჰქონდეს ადგილი. ამ მხრივ საინტერესოა მდ. მდ. ნენსკრის, მესტიაპალისა და მულხურას ხეობათა ზოგიერთი მონაკვეთი.

მდ. ნენსკრა წარმოადგენს ენგურის ერთ-ერთ მძლავრ მარჯვენა შემდინარეს, რომელიც სათავეს კავკასიონის მთავარი ქედის რაიონში იღებს; იგი ორი სათავით იწყება, რომელთა შორის მთავარს მარცხენა წარმოადგენს; მარჯვენა სათავე (მდ. დალარი) შედარებით მოკლეა; ორივეს ყინვარული საზრდოობა აქვს და ივითარებენ გასწვრივ ხეობებს, რომლებიც იმეორებენ კავკასიონის ამ ნაწილის მიმართულებას. შემდეგ მდ. ნენსკრა, გასდევს რა შტავლერისა და კოდორის ქედთა შორის არსებულ დადაბლებას, სგურიშისა და ქვემო მარლის მიდამოებში გამოდის მკვეთრად გაფართოებულ ხეობაში. ხეობის ეს უბანი აგებულია ლიასური თიხა-ფიქლებით, რომელთა შორის ასპიდურთა ფიქლებიც გამოერევა ხოლმე. ამ უქანასკნელთან დაკავშირებულია ნეოტექტონიკის თვალსაზრისით ჩვენთვის საინტერესო ხეობის ანტეცედენტური მონაკვეთი, რომელიც მდებარეობს მდ. ტეტნაშერას ნენსკრასთან შეერთების ცოტა ზევით.

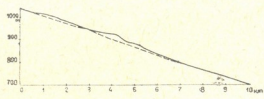
ასპიდური ფიქლები ამ ადგილას გუმბათისებრ მასივს ქმნიან, რომლის შრეები ხეობის გარდიგარდმოდ არის გაწოლილი; გუმბათის თალი ზუსტად ხეობის ღერძულ ნაწილს შეეფარდება ისე, რომ ორივე ფერდობის წარმოდგენითი შეერთების შემდეგ გუმბათის წვერო კალაპოტის შუაზე მოხვდება; თვით მასივი კი მთლიანად ხეობის არეშია მოქცეული და გუმბათის ორივე მხარე მდინარის ყოფილ კალაპოტს წარმოადგენს. მასივი ირგვლივ მდებარე შედარებით დაბალი ადგილიდან რელიეფურად მკვეთრად არის გამოსახული. მასივის ზევით ხეობა გაფართოებულია და მარცხენა მხარეზე დაბალი ტერასებიც კი არის გამოქუშავებული. მასივის სიდიდე დაახლოებით 150×150 მ; ხეობა მასში ჩაპრილია დაახლოებით 25 მ სიღრმეზე; ხეობის ძირის სიგანე მხოლოდ 3—4 მეტრია, ხოლო ზედა ნაწილის — 6 მ. მაქსიმალური სიგანე 9—10 მეტრს არ აღემატება. ხეობის მარჯვენა მხარეზე, მასივის თითქმის თალურ ნაწილში მდებარეობს ამ ადგილისათვის სრულიად უცხო გრანიტული ლოდები, რომელთაგან ერთ-ერთის სიდიდე 1000 კუბ. მეტრს აღწევს. ლოდები აშკარად ყინვარულ მორენებს წარმოადგენს და მოტანილი უნდა იყოს ნენსკრის მძლავრი ხეობის ყინვარის მიერ.

უნდა ვიფიქროთ, რომ ნენსკრის ხეობის აღწერილი გამკვეთი მონაკვეთი გაყინვარების დროს არ არსებობდა და ყინვარები მის ზემოთ გადადიოდნენ, რომელთაც მოიტანეს ზემოაღნიშნული გრანიტული, ერატული ლოდები. თუ ეს ასეა, მაშინ აშკარაა, რომ ხეობის გამკვეთი მონაკვეთი გაფორმებულია გაყინვარების შემდგომ პერიოდში; ხეობის ძლიერი სივიწროვე, შედარებით დიდი სიღრმე და უკიდურესად გამოუმუშავებელი გასწვრივი პროფილი იმაზე მიგვითითებს, რომ გამკვეთი ხეობის წარმოქმნა დაკავშირებული იყო ინტენსიურ ვერტიკალურ მოძრაობასთან, რომელსაც შესაძლებელია ლოკალური ხასიათიც კი ჰქონდა და დროის მიხედვით გაყინვარების შემდგომ პერიოდს



უნდა ემთხვეოდეს. ზემოაღნიშნული ფაქტები იმაზე მეტყველებს, რომ გამოკვეთი ხეობა ანტეცედენტური ხასიათისაა. ამას ისიც მიგვითითებს, რომ მასივის ზევით გაფართოებულ ხეობას აქვს ადგილი, სადაც ალუვიური მასალის აკუმულაციას და ტერასების წარმოქმნის პროცესს ინტენსიური ხასიათი ჰქონია; ასეთივე ხასიათი აქვს მასივის ქვევით მდებარე ხეობის მონაკვეთს, რომელიც ს. ქვედა მარლის მიდამოებში მდებარეობს და დაკავშირებულია მდ. ნენსკრის ქვედა წელში პორფირიტული წყების ქანების გამოსაველების თვისებაზე — შექმნან ეროზიის ადგილობრივი ბაზისი, რომლის ზემოთ ხეობა ჩვეულებრივად გაფართოებულ ხასიათს იღებს. ეროზიის ადგილობრივ ბაზისს წარმოადგენს აგრეთვე აღწერილი ასპიდური ფიქლების მასივი.

ტექტონიკური მოძრაობის გამოვლინების ერთ-ერთ საშუალებას ხეობის გასწვრივ პროფილების ანალიზის მეთოდი წარმოადგენს [1,2]; კერძოდ, გასწვრივ პროფილებში შესამჩნევი გარდატეხების (ამობურცულობა) არსებობა იმაზე მიგვითითებს, რომ ხეობაში ადგილი აქვს აღმავალი ხასიათის ტექტონიკურ მოძრაობას. ჩვენს მაგალითში მდ. ნენსკრის ამ ნაწილის გასწვრივი პროფილი, აღწერილი კანიონის რაიონში, მკვეთრ გამრუდებას იჩენს (იხ. სურ. 1), რაც ზემოაღნიშნული დასკვნის სასარგებლოდ მეტყველებს.



სურ. 1

ნეოტექტონიკური თვალსაზრისით მეორე მნიშვნელოვანი უბანი მდებარეობს მდ. მდ. მესტიაჭალისა და მულხურას ხეობებში, ს. მესტიის მიდამოებში. მდ. მესტიაჭალის ხეობა, მასზე არსებულ ხიდს ზევით (სკოლასთან) მკვეთრად გაფართოებულია და მარცხენა მხარეზე კარგად გამოსახული ტერასაც აქვს. ტერასა ფლუვიოგლაციური ნალექებით არის აგებული; დამახასიათებელია, რომ მდინარის ქალაში და პირველ ტერასაზე არსად ძველი მორენული მასალა არ გვხვდება, თუმცა იგი მრავლად არის წარმოდგენილი მდინარის კალაპოტში დამარხული მორენების სახით; მორენული ლოდების გამოჩენილი ზედაპირი ჩვეულებრივ მოგლუვებულია და უმთავრესად ხიდის მიდამოებშია თავმოყრილი. ხიდთან ხეობა ძლიერ შევიწროებულია, რის გამოც უნდა ვიფიქროთ, რომ აქ ადგილი ჰქონდა და აქვს ეროზიის ადგილობრივი ბაზისის არსებობას, რამაც ხელი შეუწყო მის ზემოთ ხეობის მკვეთრ გაფართოებას და მდინარეული მასალის დიდი რაოდენობით დაგროვებას. როგორც ჩანს, მდინარეული მასალის ქვეშ დაიმარხა ყინვარული მორენები, რომელთა ნაწილის ამოთხრა ამჟამად მიმდინარეობს. ხიდს ქვევით მდინარის კალაპოტის დახრა მკვეთრად იზრდება, რაც თვალითაც კარგად შეიმჩნევა. ხიდიდან ქვევით, დაახლოებით 200 მეტრზე, ხეობაში გამოდინა ლიასური ფიქლები, რომლებშიაც ტიპობრივი კანიონია განვითარებული; ფიქლები ყირაზე დგას და ხეობის გარდღივად არის გავლილი. კანიონის ქვედა ნაწილის სიგანე 2—4 მ არ აღე-

მატება, ხოლო ზედა 10 მ-ს ძლივს აღწევს. კანიონზე გადაგდებული მოკლე ხი-  
დით მდ. მულხურას ხეობაში გადავიდვართ, რომელიც აგრეთვე იმავე ფიქ-  
ლებში გაკვეთილი კანიონით არის წარმოდგენილი. მდ. მულხურა, მდ. მესტია-  
ქალის შეერთებამდე, შრეებს ხან ირიბად კვეთს, ხან გარდიგარდმოდ და ხანაც  
შრეთა გაწოლის თანხვედრილად; მდინარეთა შეერთების შემდეგ უკვე იწყება  
ნაპრალისებრი ხეობა, რომელიც შრეთა გაწოლის თანხვედრილია; კანიონის  
ორივე ფერდობის ზედაპირი ყირაზე მდგარი შრის ზედაპირს ემთხვევა, მათი  
დაცილება, ან რაც იგივეა, ხეობის სიგანე 4—6 მეტრს არ აღემატება და მთლი-  
ანად წყლით არის ავსილი; აქ კანიონის სიღრმე 50 მ აღწევს.

მდინარეთა შეერთების ზემოთ, სადაც კანიონის სიღრმე 10 მ-მდეა, კანი-  
ონის მარჯვენა მხარის შრეთა ერთ დონეზე გადაკვეთილ ზედაპირზე განლაგე-  
ბულია მეორე ტერასის 5 მ სიმაღლის ფლუვიოგლაციური მასალა (სურ. 2),  
რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ ამ ტერასის წარმოქმნის შემდეგ მომხდარმა



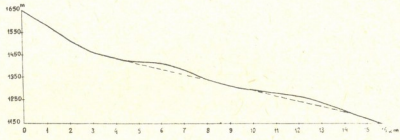
სურ. 2

მკვეთრმა აზვევებამ ხელი შეუწყო კანიონის გაკვეთას. უფრო ქვევით მდებარე  
მდ. მულხურის 50 მ სიმაღლის ნაპრალისებრი კანიონის მარცხენა ფერდობის  
თავზე განლაგებულია მორენული ლოდები, რომელიც ზემოაღნიშნული მეორე  
ტერასის დონიდან 30—35 მ სიმაღლეზე მდებარეობს. ჩანს, გაყინვარების ამ  
პერიოდის შემდეგ დაიწყო კანიონის გაფორმება მკვეთრი ტექტონიკური მოძ-  
რაობის გამო; ამ აზვევებამ მესტიაქალის ხეობაში ეროზიის ადგილობრივი ბაზი-  
სის წარმოქმნა და მძლავრი ფლუვიოგლაციური მასალის დაგროვება გამოიწ-  
ვია, რასაც მორენული მასალის დამარხვა მოჰყვა. 50 მ სიღრმის კანიონის მარ-

ცხენა მხარეზე მეორე ტერასის შესაბამისი საფეხური შემჩნევა, რაც იმას მოწმობს, რომ კანიონის წარმოქმნა ორ ფაზად მომხდარა.

დაახლოებით ასეთივე ხასიათი აქვს მდ. მულხურას ენგურთან შეერთების რაიონში, სადაც იგივე ყირაზე მდგარი ფიქლები გამოდიან და ხეობასაც გაკვეთი ხასიათი აქვს. აქვე მდ. მულხურის ხეობის მსგავსია თვით ენგურის ხეობაც, რომელსაც ტიპობრივი კანიონის სახე აქვს მიღებული და საკმაოდ ღრმად არის ჩაჭრილი. ენგურისა და მულხურას კანიონთა სიგანე 15—20 მ არ აღემატება და ფსკერი მთლიანად წყლით არის ავსილი.

შემოაღნიშნული მაგალითები იმაზე მიგვიჩივებს, რომ მდ. ენგურის აუზში გაყინვარების შემდგომ პერიოდში ადგილი ჰქონდა ინტენსიურ, აღშავალი ხასიათის ტექტონიკურ მოძრაობას, რომელიც დღესაც გრძელდება. ასეთმა მოძრაობამ განაპირობა რიგ ხეობებში ანტიცედენტური მონაკვეთების წარმოქმნა. თუ მდ. მულხურის კანიონის (მესტიასთან) მაგალითს დავეყრდნობით, გაყინვარების შემდგომ პერიოდში ტექტონიკური მოძრაობის სიდიდე დაახლოებით 50 მ-ით განისაზღვრება.



სურ. 3

მდ. მდ. მესტიაჭალის, მულხურისა და ენგურის ხეობათა განხილული მონაკვეთების გასწვრივი პროფილი ორჯერ იჩენს გარდატეხის ტენდენციას (იხ. სურ. 3), რომელთაგან ქვედა შეეფარდება მულხურა-ენგურის, ხოლო ზედა — მულხურა-მესტიაჭალის მონაკვეთს და იმ ადგილებს ემთხვევა, სადაც კანიონები განვითარებული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას ნოუვიდა 5.10.1960)

დამოუწმებელი ლიტერატურა

1. М. С. Кожурин а. Опыт исследования продольных профилей некоторых рек Прикарпатья для целей тектонического анализа. Изв. ВГО, т. 88, вып. I, 1956.
2. С. А. Трескин ский. О принципах изучения рек в целях тектонического анализа. Разведка недр, № 1, 1950.





გეოგრაფია

ბ. კურდღელიანი

ქარისა და ტემპერატურისაგან წარმოქმნილი ფორმები

(ანტარქტიდა)

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ალ. ჯავახიშვილმა 23.12.1960)

ქარი ჰაერის ზონალური გადაადგილებაა, რომელიც ხასიათდება ორი ძირითადი სიდიდით—მიმართულებითა და სიჩქარით. ქარის სიჩქარე და მიმართულება ზოგჯერ მცირე დროის განმავლობაში ფართო საზღვრებში იცვლება და საკმაოდ ცვლის დედამიწის ზედაპირულ ფორმებს. ქარის მოქმედების გამოვლინებას წარმოადგენს ქვიშის გადატანა და დიუნების გაჩენა. ისინი ცნობილი არიან ყველგან, სადაც კი ქარს მსუბუქი და მშრალი ქვიშა ზედება. ქარი შლის არა მარტო ფხვიერ მასალას, არამედ ისეთ მკვრივ ქანებსაც კი, რომლების დაშლა ქარის მოქმედებით ერთი შეხედვით წარმოუდგენლად მოგვეჩვენება.

ქარის მუშაობა განსაკუთრებით თვალსაჩინოა ანტარქტიდის კონტინენტზე, ვინაიდან ქარი უფრო ადგილად შლის თოვლით დაფარულ ზედაპირს, ვიდრე თოვლით დაუფარავ მკვრივ ქანებს. აქ ხდება თოვლის ერთი ადგილიდან მეორეზე გადატანა და ახალ-ახალი ფორმების წარმოქმნა.

ანტარქტიდის კონტინენტის ფართობი 13.101.154 კვ. კილომეტრს შეადგენს, ხოლო კუნძულებითა და შელფური ყინვარებით მისი ფართობი 14.107.636 კვ. კმ. მოიცავს. მარტო ანტარქტიდის ირგვლივ განლაგებული შელფური ყინვარების ფართობი 940 000 კვ. კმ უდრის. მთელი კონტინენტის ფართობის 96% დაფარულია ყინვარებითა და ყინულის სქელი ფენით. კონტინენტის ყინვარის საფარის საშუალო სისქე 1,53 კმ უდრის, მას ზევიდან გადაფარებული აქვს თოვლისა და ფირნის საბურველი. ამ უკანასკნელის სისქე 40-60 მეტრია, ზოგან კი უფრო მეტიც. თოვლისაგან თავისუფალი ყინვარის ზედაპირი ანტარქტიდის კონტინენტზე ძლიერ მცირე ფართობებზე შეინიშნება.

ქარი გაცილებით უფრო ძლიერია ანტარქტიდის ზღვების სანაპირო ზონაში, ვიდრე კონტინენტის შუაგულში. სამაგიეროდ, ჰაერის ტემპერატურა კონტინენტის სიღრმეში უფრო დაბლა ეცემა. დღეისათვის ცნობილია — 88,2° (სადგური „ვოსტოკი“); ეს ყველაზე დაბალი ტემპერატურაა, რომელიც დღემდე ცნობილია დედამიწაზე.

ადელის მიწაზე 1951 წელს ჩატარებულმა დაკვირვებებმა წარმოადგინა მოგვეცა ანტარქტიდის კონტინენტზე ქარის მოქმედების ხასიათზე. მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ ეს რაიონი ერთ-ერთი უძლიერესი ქარბუქის ადგილია. ქვემოთ მოყვანილი დაკვირვებების შედეგები თოვლის გადატანაზე ანტარქტიდის ზღვის სანაპიროსათვის მაქსიმალურად უნდა ჩაითვალოს.



დაკვირვებების მიხედვით, ადელის მიწის სანაპიროზე 35 მ/წამ. ქარის დროს თითოეული მეტრიდან 8 კგ თოვლი გადაიტანება წამში, ე. ი. 3000 კგ საათში. 1951 წელს ძლიერი ქარბუქის დროს ჩატარებული დაკვირვებების მიხედვით, 825 საათის განმავლობაში სანაპირო ხაზის ყოველი ერთი კილომეტრიდან ქარბუქმა ზღვაში ჩაიტანა 25 მილიონი ტონა თოვლი, ხოლო ამდენივე გადაიტანა 4000 საათის განმავლობაში სუსტმა ქარმა (გამოითვალეს ფ. ლე ვე მ და მ. ბარე მ). გაანგარიშებით, ყოველი ერთი კვ. კილომეტრი ზღვის სანაპიროს ფართობიდან ქარმა ზღვაში ჩაიტანა 50 მილიონი ტონა თოვლი.

ანალოგიური შედეგი მიღებულია 1913-1914 წწ. დენისონის კონცხზე. თოვლის გადატანა საქმაოდ ეფექტურია ანტარქტიდის კონტინენტის შიდა რაიონებშიც. 1957 წლის აგვისტოში ჩატარებული დაკვირვებებით, სადგურ „ვოსტოკ 1“-ზე 1 მ/წამ. ქარის დროს ერთი საათის განმავლობაში 1 კვ. კმ ზედაპირიდან გადატანილ იქნა 5000 ტონა თოვლი.

სადგური „პიონერსკაია“ ზღვის სანაპიროდან დაშორებულია 375 კმ-ით, ამიტომ იქ არ იცის ისეთი ძლიერი ქარი, როგორც ზღვის სანაპიროზე, სამაგიეროდ მისი მოქმედების სიხშირე მნიშვნელოვანია. ძირითადად გამეფებულია ფერდობის ქარი, რომელიც მთელი წლის განმავლობაში უბერაგეს სამხ.-აღმოს. და სამხ.-სამხ. აღმოსავლეთიდან და ხასიათდება დაბალი ტემპერატურითა და პაერის სიმშრალით. რაც შეეხება აღმოსავლეთისა და ჩრდილო-აღმოსავლეთის ქარებს, იგი გამოწვეულია ციკლონის შემოჭრით.

თოვლი ქარს გადააქვს კონტინენტის შუაგულიდან სანაპიროებისაკენ, რასაც თან სდევს მიწისპირა ქარბუქი. ამ უკანასკნელის გავრცელების ზოლი „პიონერსკაიაზე“ დაახლოებით 250 კმ-ია. ეს დადგენილ იქნა 1958 წელს მფრინავთა გადმოცემით, რომელნიც კონტინენტზე განლაგებული შიდა სადგურების—„კომსომოლსკაიას“, „ვოსტოკისა“ და „სოვეტსკაიას“ ხშირი სტუმრები იყვნენ. ფრენის დროს გზად მათ ჩვენი სადგურის თავზე უნდა გადაეკლოთ. მფრინავებს რადიოთი ვეკითხებოდით, თუ მერამდენე კილომეტრზე დაიწყო სადგურ „მირნიდან“ ქარბუქი და სად შესუსტდა მისი ძალა. დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ ჩვენი სადგური ყოველთვის ქარბუქის ცენტრში იყო.

თოვლის გადატანა ჩვეულებრივად იწყება 6-7 მ/წ სიძლიერის ქარის დროს. ქარის სიჩქარესთან ერთად იზრდება თოვლის გადატანა. თოვლის მტვერი ქარს ააქვს ჰაერში 100-200 მ სიმაღლეზე, რაც იწვევს ჰაერის გამჭვირვალობის დარღვევას და მკვეთრად ეცემა ხილვადობა. ამიტომ იყო, რომ უმეტეს დროს თვითმფრინავიდან ჩვენი სადგური არც კი ჩანდა.

ქვემოთ მოგვყავს 1958 წლის ხილვადობის საილუსტრაციო 1 ცხრილი.

ქარის საშუალო სიჩქარე სადგურ „პიონერსკაიაზე“ 11 მ/წამს უდრის. ჩვენი მუშაობის პერიოდში ქარის მაქსიმალური სიჩქარე არ აღემატებოდა 25 მ/წამში, ხოლო წლის უმეტესი დროის განმავლობაში ქარის სიჩქარე არ აღემატება 8-15 მ/წამში.

უქარო დღე „პიონერსკაიაზე“ 1958 წლის განმავლობაში სულ არ ყოფილა. ამიტომ იყო, რომ ქარს უამრავი თოვლი გადაჰქონდა ერთი ადგილიდან მეორეზე. თოვლის გადატანა ხდებოდა როგორც მტერის, ისე ცალკეული თოვლის

ბორცვების სახით. თოვლის გადატანა მტვრის სახით წლის ყველა დროში და ყველა ტემპერატურის დროს ხდება, ხოლო რაც შეეხება თოვლის ბორცვების გადაადგილებას, ვინაიდან ისინი განსხვავდებიან წარმოქმნისა და ფორმის მიხედვით, მათი გადატანა და დაშლა დამოკიდებულია თვით ქარის სიჩქარისა და ჰაერის ტემპერატურისაგან.

ცხრილი 1

| ქარის სიჩქარე ბალობით | ხილვადობა პროცენტობით | ხილვადობა კილომეტრობით |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 0-3                   | 65                    | 0-1                    |
| 4-6                   | 22                    | 1-10                   |
| 7-9                   | 13                    | 10-15                  |

ცხრილი 2

წლის განმავლობაში ქარის ნიშნების განმეორება მეტრობით წამში („პიონერსკაია“, 1958)

| ქარის სიჩქარე მ/წ                     | 0-1 მ/წამ. | 2-5 მ/წამ. | 6-10 მ/წამ. | 11-15 მ/წამ. | 7-15 მ/წამ. |
|---------------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| ქარის სიჩქარის განმეორება პროცენტობით | 0          | 6,3        | 48,1        | 37,7         | 8           |

ქარის მუშაობასა და თოვლის ტემპერატურაზე ჩვენ მიერ ჩატარებულმა დაკვირვებებმა შესაძლებლობა მოგვცა დაგვედგინა ზოგიერთი კანონზომიერება თოვლის ბორცვების მოძრაობისა და მათი ფორმებისა სხვადასხვა ტემპერატურის დროს.

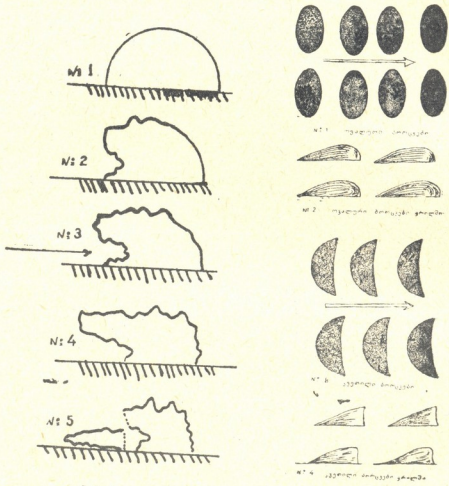
I. როდესაც თოვლის ზედაპირზე ტემპერატურა ტოლია  $-25^{\circ}$   $-35^{\circ}$ , ხოლო ქარის სიჩქარე 8-14 მ/წ უდრის, წარმოიქმნება 30-50 მ სიგრძის თოვლის სერები, რომელთა სიმაღლე 0,5 მეტრს აო აღემატება, ხოლო სიგანე 1,5-3 მ შეადგენს.

II. როდესაც ტემპერატურა ტოლია  $-35^{\circ}$   $-45^{\circ}$ , ხოლო ქარის სიჩქარე ტოლია 8-14 მ/წამისა, წარმოიქმნება ოვალური ფორმის ცალკეული ბორცვები (ნახ. 1, პ. № 1, 2), რომელთა შორის მანძილი 10-20 მეტრია.

III. თუ თოვლის ზედაპირზე ტემპერატურა დაიწვეს  $-45^{\circ}$ -ზე დაბლა, ხოლო ქარის სიჩქარე 8-14 მ/წ შეადგენს, ოვალური ფორმის ბორცვებს შეერევა ნახევარმთვარისებრი ფორმის ბორცვები, თოვლის ზედაპირზე რაც უფრო დაბლა დაეცემა ტემპერატურა, მით უფრო მეტად ვახშირდება და  $-55^{\circ}$ -ზე დაბლა თოვლის ბორცვების მწკრივები მიიღებს ნახევარმთვარის ფორმას.

თოვლის ბორცვების ფორმათა ცვლა უეცრად როდი ხდება. ტემპერატურის დაქვეითებასთან ერთად ბორცვები თანდათანობით იცვლიან ფორმას. თუ პირველი ფორმის თოვლის სერები საკმაო გავრცელებითა და სიგრძით ხასიათდება, ტემპერატურის დაცემასთან ერთად მათი სიგრძე თანდათან მცირდება.  $-35^{\circ}$ -ზე და უფრო დაბალ ტემპერატურაზე ისინი ოვალურ ფორმას იძენენ, რომელთა წინა ნაწილი უფრო დაქანებულია, ვიდრე ბოლო (ნახ. 1, № 2). ასეთივე ფორმის თანდათანობითი ცვლა ახასიათებს ოვალური ფორ-

მის ბორცვებს; ეცემა რა ტემპერატურა, ბორცვების წინა ნაწილი უფრო დამრეცი ხდება, — 55°-ზე დაბლა კი ისინი უკვე ნახევარმთვარისებრი ფორმით ხასიათდებიან, ე. ი. თოვლის ბორცვები II სტადიიდან მთლიანად III-ში გადადიან (ნახ. 1, №№ 3, 4).



ნახ. 1

ნახ. 2

თოვლის ბორცვები, როგორც სიმაღლით, აგრეთვე მოცულობით, სხვადასხვა სიდიდისაა. მათი გადაადგილება ანუ მოძრაობის სიჩქარეც ერთისა და იმავე ქარის სიჩქარის დროს სხვადასხვაა (იხ. მე-2 ცხრილი).

მოგვყავს მე-3 ცხრილი, რომელიც თვალსაჩინოს ხდის თოვლის დიუნების მოძრაობას საღებურ „პონერსკაიაზე“ ჩვენი დაკვირვების მონაცემების მიხედვით.

აღსანიშნავია, რომ დაბალი ტემპერატურის დროს საგრძნობლად მომატებულია ელექტრობა, შეყინვის ძალა და ეს არის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი ბორცვების ფორმათა სხვადასხვაობისა და მათი გადაადგილების სხვადასხვა ტემპისა. საშუალო სიმკვრივე იმ მოძრავი თოვლის ბორცვებისა, რომელთა გადაადგილებაზე ვახდენდით დაკვირვებას, შემდეგს უღრიდა: H—10 სმ, H—27 სმ, H—60 სმ, d—0,39, d—0,40, d—0,40.

ცხრილი 3

| 1958 წ.       | ბორცვების<br>სიმაღლე<br>(სმ-ით) | ქარის სა-<br>შუალო სიჩ-<br>ქარე (მ/წ) | დაკვირვების<br>ხანგრძლივო-<br>ბა (სათო-<br>ბით) | ბორცვების<br>გადაადგილე-<br>ბა (სმ-ით) | ბორცვების<br>გადაადგილე-<br>ბა საშუალოდ<br>1 საათში |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|--|---|
| 9 ივლისი      | 47<br>65<br>83                  | 10,2                                  | 12  | 664<br>503<br>395                      | 55 სმ<br>42 სმ<br>33 სმ                             |
| 18 ივლისი     | 55<br>89                        | 9,0                                   | 10  | 463<br>392<br>297                      | 46 სმ<br>39 სმ<br>28 სმ                             |
| 19 ივლისი     | 51<br>62<br>75                  | 9,5                                   | 14  | 703<br>574<br>518                      | 50 სმ<br>41 სმ<br>37 სმ                             |
| 2 აგვისტო     | 64<br>77<br>96                  | 9,1                                   | 11  | 495<br>429<br>276                      | 45 სმ<br>39 სმ<br>25 სმ                             |
| 14 აგვისტო    | 37<br>46<br>69                  | 10,3                                  | 13  | 845<br>770<br>587                      | 65 სმ<br>59 სმ<br>45 სმ                             |
| 24-25 აგვისტო | 45<br>75<br>91                  | 9,7                                   | 28  | 1471<br>1101<br>925                    | 52 სმ<br>40 სმ<br>33 სმ                             |
| 29-30 აგვისტო | 35<br>59<br>74                  | 9,5                                   | 9   | 635<br>365<br>334                      | 73 სმ<br>42 სმ<br>37 სმ                             |
| 12 სექტემბერი | 34<br>55<br>80                  | 11,5                                  | 11  | 717<br>596<br>407                      | 80 სმ<br>54 სმ<br>37 სმ                             |
| 15 სექტემბერი | 38<br>51<br>88                  | 10,0                                  | 10  | 630<br>513<br>349                      | 63 სმ<br>51 სმ<br>35 სმ                             |

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ბორცვების მოძრაობის სიჩქარე დამოკიდებულია არა მარტო ქარის სიჩქარისაგან, არამედ თვით თოვლის ბორცვების სიდიდისაგანაც. რაც უფრო მცირეა ბორცვი, მით უფრო მეტია მისი გადაადგილების სიჩქარე, ეს უკანასკნელი კი იწვევს იმას, რომ პატარა ზომის თოვლის ბორცვები წამოეწევიან მათ წინ მდებარე მორზდილ ბორცვებს, რაც რწევს მათ ზრდას როგორც სიმაღლეში, ისევე მოცულობაში. თოვლის ბორცვები, რომელთა სიმაღლე 0,5 მეტრს უდრის, იკავებენ 7-9 კვ მეტრ ფართობს, ხოლო 1 მ სიმაღლის თოვლის ბორცვი—16-20 კვ. მ ფართობს.

ბორცვები თავის ფორმას მანამდე ინარჩუნებენ, სანამ ქარის სიჩქარე წაჰყვით 15 მეტრს არ მიაღწევს. ქარის გაძლიერების დროს ბორცვები იშლება და ქარს თოვლი მიაქვს ძლიერი ნაკადის სახით მთელ ჰორიზონტზე.

ქარის სიჩქარის შემცირებასთან ერთად მცირდება ბორცვების გადაადგილების სიჩქარე, ხოლო ქარის სიჩქარე წამში 6-7 მეტრამდე დავა, არსებული 12. „ნოვაბე“, ტ. XXVIII, № 2, 1962



ბორცვების მოძრაობა შეწყდება. ეს უკანასკნელი გამოწვეულია იმით, რომ 6-7 მ/წ. ქარის დროს თოვლის ბორცვების მოძრაობა მცირეა. დაბალი ტემპერატურის გამო ბორცვები იყინება და უსწორმასწორო ზედაპირები წარმოიქმნება.

ახლად წარმოქმნილი თოვლის ბორცვები მოგლუებული ზედაპირებით ხასიათდება, ხოლო ქარის შემდგომი მოქმედების გამო გაიარანდება და დაღარება; წარმოიქმნება ათასნაირი ფორმის ლავგარდნები (კარნიზები), სვეტები.

თოვლის ბორცვებისა და ნარანდი ფორმების წარმოქმნა დაკავშირებულია ზამთართან (ივნისი, ივლისი, აგვისტო, სექტემბერი). ზამთარში წარმოქმნილი ნარანდი ფორმები მალალი და იმდენად შემკერივებული და შეყინულია, რომ ნაჯახით დაჩეხვაც კი ჭირს (ისე, როგორც ყინულისა). აღნიშნული ფორმებია წლიდან წლამდეც კი ძლებს (რა თქმა უნდა, არა ისეთი სიდიდით, როგორც წარმოქმნის პირველ ხანებში).

თოვლის ბორცვებისა და ნარანდი ფორმების შლა მიმდინარეობს სამი მხრიდან. ყველაზე ინტენსიური დაშლა წარმოებს იმ მხრიდან, სადაც ქარი პერპენდიკულარული მიმართულებით უბერავს; ბორცვების დანარჩენ ფერდობებზე კი დაშლა თანაბარი ინტენსივობით მიმდინარეობს. ნარანდი ფორმების ინტენსიური დაშლა ქარის შემხვედრ ადგილებში შეინიშნება, განსაკუთრებით კი ბორცვების ქვედა ნაწილში.

თოვლის ბორცვებს ჯერ მოგლუებული ზედაპირი აქვს (ნახ. 2, № 1), შემდეგ მიმდინარეობს განუწყვეტელი შისი გარანდვა ქარის მიერ, რის გამოც იგი თანდათანობით იცვლის ფორმას (ნახ. 2, № 2, 3, 4). საერთოდ ბორცვის სიდიდე მცირდება, იზრდება შისი ციცაბო ბეჭის (ლავგარდნის) სიგრძე; ზოგჯერ იგი 1,5 მეტრსაც კი აღემატება, სამაგიეროდ, კლებულობს ციცაბო ბეჭის სიმაღლე, რის გამოც შისი წინ წამოწეული ნაწილი სიმძიმის ძალით ჩამოშლას განიცდის. გაზაფხულზე, ტემპერატურის ზრდასთან ერთად, იზრდება ნარანდი ფორმების დაშლის ინტენსივობა და ზაფხულის ბოლოს უმრავლესობა ისპობა.

### თ ე რ მ უ ლ ი ფ ო რ მ ე ბ ი ( ბ ზ ა რ ე ბ ი )

ანტარქტიდაში თოვლის ზედაპირზე წარმოქმნილი თერმული ბზარები მოგვაკონებენ ზომიერ განედებში გვალვის დროს ნიადაგზე წარმოქმნილ ბზარებს. ეს უკანასკნელი, როგორც ცნობილია, წარმოიქმნებიან, მალალი ტემპერატურის დროს, რაც იწვევს ნიადაგსაფარის დახეთქვას. ანტარქტიდაზე, პირუკუ, დაბალი ტემპერატურის დროს წარმოიქმნება თოვლის ზედაპირზე ბზარები. ორივე შემთხვევაში საერთო პირობაა სინოტივის ნაკლებობა, ჰაერის სიმშრალე, რაც განაპირობებს თერმული ბზარების წარმოქმნას როგორც ნიადაგზე, ისე თოვლსა და ყინულზე.

სადგურ „პოთენერსკაიაზე“ თოვლის სიმკვრივე საშუალოდ წლის განმავლობაში 0,41 უდრის. რაც შეეხება თოვლის ტემპერატურას, იგი იცვლება როგორც ზედაპირზე, ისე სიღრმეში.

მე-4 ცხრილში მოგვყავს თოვლის ზედაპირის საშუალო, მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურები თვეების მიხედვით.

ცხრილი 4

| თოვლის<br>ზედაპირის<br>ტემპერატ. | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| საშ.                             | -23,0 | -34,6 | -38,4 | -41,4 | -43,1 | -52,7 | -46,1 | -50,2 | -48,4 | -42,1 | -32,3 | -27,7 |
| მაქს.                            | -14,9 | -20,5 | -20,8 | -22,5 | -18,0 | -39,8 | -26,2 | -29,1 | -31,8 | -30,1 | -18,1 | -16,2 |
| მინ.                             | -36,8 | -47,5 | -49,8 | -55,0 | -56,2 | -59,7 | -63,7 | -63,6 | -63,8 | -58,9 | -43,2 | -35,4 |

ცხრილი 5

ტემპერატურის ცვალებადობა თოვლის ზედაპირიდან სიღრმისაკენ (თვეების მიხედვით)

| ციფრა<br>სიღრმის<br>მეტრებში | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | საშუალო<br>წლიური |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| 0                            | -23,0 | -34,6 | -38,4 | -41,4 | -43,1 | -52,7 | -46,1 | -50,2 | -48,4 | -42,1 | -32,3 | -27,7 | -40,0             |
| 1                            | -32,2 | -32,4 | -35,1 | -36,3 | -38,3 | -40,9 | -41,8 | -43,6 | -43,6 | -43,1 | -40,4 | -36,8 | -38,7             |
| 2                            | -34,9 | -33,2 | -35,6 | -36,5 | -37,7 | -38,9 | -40,8 | -41,7 | -42,4 | -42,6 | -41,2 | -38,9 | -38,7             |
| 4                            | -38,5 | -30,8 | -36,5 | -36,8 | -37,2 | -38,3 | -39,3 | -39,6 | -40,4 | -40,5 | -40,6 | -40,1 | -38,7             |
| 6                            | -37,6 | -36,4 | -36,0 | -35,8 | -35,7 | -35,7 | -35,9 | -37,6 | -38,4 | -38,7 | -39,7 | -39,2 | -37,2             |
| 8                            | -39,2 | -39,0 | -38,6 | -38,4 | -38,2 | -38,2 | -38,2 | -38,3 | -38,4 | -38,7 | -38,9 | -39,0 | -38,6             |
| 12                           | -38,6 | -38,9 | -38,6 | -38,6 | -38,6 | -38,5 | -38,5 | -38,7 | -38,4 | -38,4 | -38,6 | -38,5 | -38,5             |
| 15                           | -39,0 | -39,0 | -39,0 | -39,0 | -39,0 | -39,0 | -39,0 | -39,0 | -39,0 | -38,9 | -38,9 | -38,9 | -39,0             |

მოცემული მასალების მიხედვით, წლის განმავლობაში თოვლის ზედაპირზე მაქსიმალური ტემპერატურა 1958 წელს იანვარში შეინიშნა ( $-23$ ), მინიმალური — აგვისტოში ( $-52,2^{\circ}$ ). აღნიშნულ ტემპერატურათა სხვაობა შეადგენს  $29,2^{\circ}$ -ს.

ერთი მეტრის სიღრმეზე მაქსიმალური ტემპერატურა იანვარშია ( $-32,2^{\circ}$ ), მინიმალური კი აგვისტოსა და სექტემბერში — ( $-43,6^{\circ}$ ). აღნიშნულ სიღრმეზე სხვაობა  $14,4^{\circ}$  უდრია.

სიღრმის მიხედვით მაქსიმალურ და მინიმალურ ტემპერატურათა სხვაობა მცირდება. ორი მეტრის სიღრმეზე სხვაობა უდრის  $9,4^{\circ}$ ; ოთხ მეტრზე —  $4,1^{\circ}$ ; ექვს მეტრზე —  $3,8^{\circ}$ ; რვა მეტრზე —  $0,8^{\circ}$ . რაც შეეხება 12 მეტრის სიღრმეზე მინიმალურსა და მაქსიმალურ ტემპერატურებს შორის სხვაობას, ის მხოლოდ  $0,2^{\circ}$  უდრის (იხ. გრაფიკი 2). გრაფიკიდან ჩანს, როგორ გადაინაცვლებენ მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურები სიღრმეში თვეების მიხედვით.

სადგურ „პიონერსკაიაზე“ თერმული ბზარები ჩნდება მაშინ, როდესაც ტემპერატურა  $-45^{\circ}$ -ზე დაბალია. რაც უფრო ეცემა ტემპერატურა, მით უფრო ინტენსიურია თოვლის ზედაპირზე ბზარების წარმოქმნა. ამ დროს ისმის აფეთქების მსგავსი ხმაური. თოვლის ზედაპირის დასკდომისას ეს მოვლენა იმდენად ძლიერად მიმდინარეობს, რომ საცხოვრებელ ბინაში იგი მიწისძვრის მსგავსად შეიგრძნობა.

ჩვენს სამუშაო უბანზე თერმული ბზარების სიგანე 30 მმ არ აღემატებოდა, მათი სიგრძე კი განუსაზღვრელია. ბზარების სიღრმეზე სამუშაოების ჩატარება არ მოხერხდა, ვინაიდან თერმული ბზარების გაჩენა ჩვეულებრივ დაბალი ტემპერატურის დროს ხდებოდა პოლარულ ღამეებში და პრაქტიკულად მათი დადგენა ძნელი ხდებოდა.

ჩვენი აზრით, თერმული ბზარების სიღრმე უნდა აღწევდეს იმ დონემდე, სადაც მკვეთრად იცვლება ზედაპირიდან ქვევით სიღრმითი ტემპერატურები, ასეთი სიღრმე კი 6 მეტრზე მდებარეობს. ამ უკანასკნელ სიღრმეზე 8 თვის განმავლობაში (იანვარი—აგვისტო) ყოველთვის მაღალი ტემპერატურაა ( $-35,7^{\circ}$  —  $-37,6^{\circ}$ ) მის ზედა და ქვედა (4-8 მეტრ სიღრმეზე) არსებულ ტემპერატურებთან შედარებით.

6 მეტრის სიღრმეზე არსებული ტემპერატურები რომ საზღვარს წარმოადგენს, ეს იქიდანაც ჩანს, რომ 4 მეტრის სიღრმეზე წლის საშუალო ტემპერატურა უდრის —  $-38,7^{\circ}$ -ს, 6 მ სიღრმეზე —  $-37,2^{\circ}$ -ს, 8 მ სიღრმეზე —  $-38,6^{\circ}$ -ს.

ზემოთ მოყვანილიდან ჩანს, რომ ტემპერატურების ისეთი განსხვავებული რყევა, რომელსაც შეუძლია ბზარების გაჩენა, მხოლოდ ექვსი მეტრის სიღრმეზე აღინიშნება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუყვია 23.12.1960)

## გეოგრაფია

## რ. კვიციანიძე

## სამხრეთ ოსეთის მოსახლეობის გეოგრაფიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ჯავახიშვილმა 10.1.1961)

წინამდებარე სტატიაში ჩვენ მიზნად დავისახეთ გავარკვიოთ, როგორაა განლაგებული სამხრეთ ოსეთის ავტონომიური ოლქის მოსახლეობა სიმაღლითი ზონების მიხედვით და რა თავისებურებები ახასიათებს მას.

სამხრეთ ოსეთი, რომელიც მდებარეობს ცენტრალური კავკასიონის სამხრეთ კალთებზე და უჭირავს აგრეთვე კავკასიონის წინამთებიც, გამოირჩევა ბუნებრივი პირობების დიდი მრავალფეროვნებით. მისი ტერიტორია მოქცეულია ერთმანეთისაგან განსხვავებულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ რაიონებში, რომლებიც თავის მხრივ იყოფიან კიდევ უფრო წვრილ ბუნებრივ ერთეულებად. ამასთან აღსანიშნავია, რომ სამხრეთ ოსეთისათვის, ისევე როგორც მთლიანად საქართველოსა და კავკასიისათვის, ნიშანდობლივია მკვეთრად გამოსახული ვერტიკალური ზონალობა.

იმ გარემოებას, რომ სამხრეთ ოსეთის ტერიტორიას ახასიათებს მკვეთრი პიფსომეტრული ამპლიტუდა, ხოლო სიმაღლით ზონებში ფართობების განაწილება არათანაბარია, ადასტურებს შემდეგი მაჩვენებლები (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

| სიმაღლითი ზონები ზღვის დონიდან (მეტრობით) <sup>(1)</sup> | ფართობი კვ. კმ-ით | % ოლქის მთელი ტერიტორიის მიმართ |
|--|-------------------|---------------------------------|
| 800-ზე ქვევით  | 52,8              | 1,3                             |
| 800—1000   | 370,0             | 9,4                             |
| 1000—1200  | 489,3             | 12,5                            |
| 1200—1500  | 743,4             | 19,0                            |
| 1500—2000  | 1101,7            | 28,5                            |
| 2000—2500  | 673,5             | 17,2                            |
| 2500-ზე ზევით  | 475,6             | 12,1                            |
| სულ  | 3906,3            | 100,0                           |

სამხრეთ ოსეთის ფართობი არცთუ ისე დიდია, ხოლო სიმაღლეთა ფარდობითი სხვაობა ოლქის უმაღლესსა და უდაბლეს წერტილებს შორის 3250 მეტრზე

(<sup>1</sup> პიფსომეტრული ზონების ფართობები გამოთვლილია ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის კარტოგრაფიულ განყოფილებაში ი. სარიბეგოვის მიერ.





მეტს შეადგენს. უდაბლესი წერტილი მდებარეობს შიდა ქართლის ვაკეზე, 690 მეტრზე ზღვის დონიდან, უმაღლესი კი—კავკასიონის მთავარ ქედზე (მწვერვალი ხალაწა, 3941 მეტრზე ზღვის დონიდან); თუ გავითვალისწინებთ აგრეთვე იმასაც, რომ უმაღლესა და უდაბლესი წერტილებს შორის პირდაპირი მანძილი მხოლოდ 75 კმ-ია, მაშინ თვალსაჩინო ვახდება ამ მხარის ტერიტორიისათვის დამახასიათებელი დიდი ჰიფსომეტრული ამპლიტუდა.

სამხრეთ ოსეთის ბუნებრივი კომპლექსი, უპირველეს ყოვლისა რელიეფი და კლიმატი, სოციალურ-ეკონომიური ფაქტორების გადამწყვეტი გავლენის პირობებში, იწვევს მხარის მეურნეობრივ მრავალფეროვნებას. იმავე მიზეზით ადგილი აქვს მეურნეობისა და მოსახლეობის არათანაბარ განლაგებას ავტონომიური ოლქის ცალკეულ ნაწილებში, კერძოდ სხვადასხვა ჰიფსომეტრულ ზონებში.

სამხრეთ ოსეთის მოსახლეობის განლაგებამ სიმალლითი ზონების მიხედვით (1959 წლის 15 იანვრის აღწერის მასალებით) შემდეგი სურათი მოგვცა (იხ. ცხრილი 2) (1):

ცხრილი 2

| სიმაღლითი ზონები<br>ზღვის დონიდან<br>(მეტრობით) | სოფლების<br>რაიები | სოფლის<br>მოსახლეობა |       | ქალაქების<br>ან დაბების<br>რაიები | ქალაქის<br>მოსახლეობა |       | მთელი<br>მოსახლეობა |       |
|---|--------------------|----------------------|-------|-----------------------------------|-----------------------|-------|---------------------|-------|
|   |                    | აბს.                 | პროც. |                                   | აბს.                  | პროც. | აბს.                | პროც. |
|   |                    |                      |       |                                   |                       |       |                     |       |
| 800-ზე ქვევით                                   | 25                 | 5171                 | 7,3   | I                                 | 1584                  | 6,2   | 6755                | 7,0   |
| 800—1000  | 136                | 25671                | 36,0  | I                                 | 21641                 | 84,7  | 47312               | 49,0  |
| 1000—1200                                       | 203                | 21993                | 30,9  | —                                 | —                     | —     | 21993               | 22,7  |
| 1200—1400                                       | 88                 | 7353                 | 10,3  | I                                 | 2320                  | 9,1   | 9673                | 10,0  |
| 1400—1600                                       | 70                 | 5509                 | 7,7   | —                                 | —                     | —     | 5509                | 5,6   |
| ა) 1400—1500                                    | 25                 | 2553                 | 3,6   | —                                 | —                     | —     | 2553                | 2,6   |
| ბ) 1500—1600                                    | 45                 | 2956                 | 4,1   | —                                 | —                     | —     | 2956                | 3,0   |
| 1600—1800                                       | 50                 | 3004                 | 4,2   | —                                 | —                     | —     | 3004                | 3,1   |
| 1800—2000                                       | 43                 | 2251                 | 3,1   | —                                 | —                     | —     | 2251                | 2,3   |
| 2000—2200                                       | 5                  | 117                  | 0,2   | —                                 | —                     | —     | 117                 | 0,1   |
| 2200—2400                                       | 7                  | 193                  | 0,3   | —                                 | —                     | —     | 193                 | 0,2   |
| სულ   | 627                | 71262                | 100,0 | 3                                 | 25545                 | 100,0 | 96807               | 100,0 |

პირველ ყოვლისა, შესამჩნევია ავტონომიური ოლქის მოსახლეობის არათანაბარი განაწილება სიმაღლითი ზონების მიხედვით.

იმისათვის, რომ უფრო სრულა წარმოდგენა მივიღოთ იმ ურთიერთკავშირზე, რომელიც არსებობს სიმაღლის ცვალებადობასა და მოსახლეობის ტერიტორიულ განლაგებას შორის, გამოვყოთ ორი ძირითადი ზონა: 1500 მეტრამდე (ზღვის დონიდან) და 1500 მეტრს ზემოთ. ასეთ ზღვარს ვიღებთ იმიტომ, რომ იგი

(1 1926 წლისათვის საქართველოს მოსახლეობის ტერიტორიული განლაგება სიმაღლითი ზონების მიხედვით შეისწავლა აკად. აღ. ჯავახიშვილმა ასისტენტ გ. ქავთარაძესთან ერთად, ხოლო 1959 წლის აღწერის მასალების საფუძველზე ანალოგიური გამოთვლა ჩატარა უფროსმა მეცნიერ თანამშრომელმა ვ. ჯაოშვილმა.

ერთგვარ მიჯნას წარმოადგენს ოლქის მოსახლეობისა და მეურნეობის ტერიტორიულ განლაგებაში. აღნიშნული საზღვრის ქვემოთ თავმოყრილია ძირითადად ოლქის სასოფლო-სამეურნეო მიწები, მოსახლეობის აბსოლუტური უმრავლესობა. მეურნეობრივად იგი უფრო ათვისებულია, მაშინ როდესაც მის ზევით მდებარე ტერიტორიაზე მხოლოდ ცალკეული ხეობებია გამოყენებული როგორც სამეურნეო მიზნით, ისე დასახლებისათვის.

1500 მეტრამდე განლაგებულ ტერიტორიაზე მცხოვრებთა რიცხვი შეადგენს სამხრეთ ოსეთის მთელი მოსახლეობის 91,3%-ს, ხოლო იმავე ზონის ფართობი—ოლქის ტერიტორიის 42,5%-ს. ზონაში ერთ კვადრატულ კილომეტრზე ცხოვრობს საშუალოდ 53,3 კაცი—ორჯერ უფრო მეტი, ვიდრე მთლიანად ავტონომიურ ოლქში. შედარებით მცირე ტერიტორიაზე მოსახლეობის ასეთი კონცენტრაცია გაპირობებულია რიგი მიზეზებით.

აღნიშნულ ჰიფსომეტრულ საფეხურს უჭირავს შიდა ქართლის ბარის ჩრდილოეთი პერიფერიული ნაწილი, აგრეთვე დაბალ-და საშუალომთიანი რაიონი და ვრცელდება სამხრეთ ოსეთის ყველა ადმინისტრაციულ რაიონში. რელიეფური, კლიმატური და ნიადაგობრივი პირობები აქ ხელშემწყობია მეურნეობრივი საქმიანობის გაშლისა და განსახლებისათვის.

სამხრეთ ოსეთში არსებული 630 დასახლებული პუნქტიდან ამ ზონაზე მოდის 480. ზონის სამხრეთი ნაწილი, შიდა ქართლის რაიონებთან ერთად, მთელს საქართველოში გამოირჩევა მეხილეობისა და რიგი სხვა ინტენსიური სასოფლო-სამეურნეო დარგების განვითარებით, რომლებშიაც დასაქმებულია მოსახლეობის მნიშვნელოვანი რაოდენობა. ამ ზონაზე მოდის სამხრეთ ოსეთის სასოფლო-სამეურნეო დამუშავებაში მყოფი მიწების დაახლოებით ცხრა მეათედი.

მოსახლეობის დიდი რაოდენობით თავმოყრა ამ სიმაღლით ზონაში განპირობებულია აგრეთვე იმით, რომ მასში მოთავსებულია საოლქო ცენტრი ქალაქი ცხინვალი და დაბები კვაისა და ლენინგორი, რომლებშიც ცხოვრობს ოლქის მოსახლეობის 25,4%. აქ განლაგებულია სამხრეთ ოსეთის თითქმის ყველა სამრეწველო საწარმო. ზონის ტერიტორიაზე თავს იყრის რაიონული, საოლქო და რესპუბლიკური მნიშვნელობის საკომუნიკაციო ხაზები.

1500 მეტრამდე განლაგებულ ზონაში მოსახლეობის რაოდენობის გაზრდას ხელი შეუწყო იმ გარემოებამაც, რომ ომისშემდგომ პერიოდში, განსაკუთრებით კი უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში, სამხრეთ ოსეთის ავტონომიურ ოლქში ადგილი აქვს მაღალმთიანი რაიონებიდან მოსახლეობის ბარად ჩამოსახლების პროცესს, რის შედეგადაც ზოგიერთი სოფელი (მაგალითად: ზემო ერმაწი, სიპატა, შუაქალა და სხვა) მთლიანად დაცარიელდა, ხოლო უფრო დაბლა მდებარე მრავალი სოფლის მოსახლეობა მკვეთრად გადიდდა. აღსანიშნავია, რომ მოსახლეობის ნაწილი გადასახლდა აგრეთვე სამხრეთ ოსეთის ავტონომიური ოლქისა და საქართველოს სსრ ფარგლებს გარეთაც (მაგალითად, თბილისში, გორში, ჩრდილოეთ ოსეთის ასსრ-ში და სხვაგან).

1500 მეტრს ზევით მდებარე ზონა, რომლის ფართობი შეადგენს ოლქის მთელი ტერიტორიის 57,6%-ს, მოსახლეობა კი—მხოლოდ 8,7%-ს, მოიცავს ძირითადად მაღალმთიან რაიონებს. თუ პირველ ზონაში მოსახლეობის სიმჭიდროვე ერთ კვადრატულ კილომეტრზე 53,5 კაცს შეადგენს, აქ ანალოგიური მაჩვენებელი მხოლოდ 3,8 კაცს უდრის. ზონაში სამეურნეო საქმიანობის ასპარეზი მეტად შეზღუდულია მკაცრი ბუნებრივი პირობების გამო. იმავე მიზეზით ძალზე მცირეა სახნავ-სათესი ფართობები; მაგალითად, ჯავის რაიონში, რომლის ტერიტორიის საკმაოდ დიდი ნაწილი 1500 მეტრს ზევით მდებარეობს, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს საერთო ფართობის მეხუთედზე ნაკლები უჭირავს, ხოლო დამუშავებაში მყოფი მიწების ხვედრითი წონა რაიონის მთლიან ფართობში მხოლოდ 3,2%-ს შეადგენს. ბუნებრივია, რომ ასეთი პირობები ძალზე ზღუდავს როგორც მეურნეობის განვითარების, ისე ტერიტორიის დასახლებისათვის გამოყენების შესაძლებლობებს.

აღნიშნულ ჰიფსომეტრულ ზონებში განსხვავებულია განსახლების ტიპებიც. დაბალ ნაწილში უფრო კომპაქტური განსახლებაა. სოფლების მნიშვნელოვანი ნაწილი გაშლილ ვაკე ადგილებზეა განლაგებული და შედარებით მოზრდილ დასახლებულ პუნქტებს წარმოადგენენ. 1000 მეტრამდე საშუალოდ ერთ სოფელზე მოდის 190-200 კაცი, ხოლო 1000-1500 მეტრებს შორის—100-110 კაცი; მაღალმთიან ნაწილში კი სოფლები ბევრად უფრო პატარაა (1500 მეტრს ზევით საშუალოდ 50-60 კაცი თითოეულ მთვანში). ისინი სპორადიულად არიან განლაგებულნი მდინარეთა ხეობებში. მათ ფერდობებსა და ტერასებზე, ვაშლიღვის კონუსებსა და მცირე ზომის პლატოებზე. განლაგების მიხედვით სამხრეთ ოსეთის მაღალმთიან ზონაში შეიძლება გამოვყოთ დასახლებული პუნქტების შემდეგი ორი ძირითადი ტიპი: ა) მთა-ხეობისა და ბ) ტერასული.

განხილულ ზონებში განსხვავებულია საცხოვრებელი სახლის ტიპებიც. მთიან ნაწილში გავრცელებულია როგორც ქვისაგან, ისე ხისაგან ნაგები სახლები (ზოგჯერ ორსართულიანი). მაშინ როდესაც ქვედა ზონაში ხის სახლებთან ერთად გვხვდება აგურის შენობებიც.

როგორც მე-2 ცხრილიდან შეიძლება დავასკვნათ, სამხრეთ ოსეთის მოსახლეობის ტერიტორიული განლაგება ემორჩილება ადგილის სიმაღლის ზრდის პარალელურად დასახლების სიმჭიდროვის კლებადობის საერთო კანონზომიერებას, რაც დამახასიათებელია არა მარტო საქართველოსათვის, არამედ აგრეთვე მილიანდ კავკასიის, შუა აზიის, ცენტრალური და სამხრეთ ევროპისა და სხვა პოთიანი მხარეებისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ტენდენცია არაა აბსოლუტური და გარკვეულ პირობებში ხდება მისი დარღვევა (მაგალითად, ჩვენს შემთხვევაში 200 მეტრიან გრადაციებში).

სამხრეთ ოსეთში 2000-2200 მეტრებს შორის მოქცეულ ტერიტორიაზე რაოდენობრივად უფრო ნაკლები მოსახლეობაა, ვიდრე მის ზევით მდებარე ორასმეტრიან სარტყელში. მაგრამ ეს მოვლენა ადგილობრივი პირობებით გამოწვეულ გამოწვევის წარმოადგენს, რაც შემდეგი მიზეზით აიხსნება: მდინარე ერმანისწყლის ხეობაში, რომლის დასახლებული ნაწილი მდებარეობს ძი-



რიტად 2200-2400 მეტრებს შორის, შექმნილია ხელსაყრელი ბუნებრივი პირობები მეურნეობრივი საქმიანობის გაშლისა და განსახლებისათვის. აქ მისდევენ ალპურ მეურნეობას, სასოფლო-სამეურნეო კულტურებიდან მოჰყავთ კარტოფლი, ქერი. ამ ხეობაშია განლაგებული რამდენიმე სოფელი, აგრეთვე საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ერმანის სამთო-სამდელო სტაციონარი. ყოველივე ამის გამო, ასეთ დიდ სიმაღლეზე მოსახლეობის უფრო მეტი რაოდენობაა, ვიდრე მის ქვემოთ 2000-2200 მეტრებს შორის მოქცეულ ტერიტორიაზე.

ადგილის სიმაღლესთან შეფარდებით მოსახლეობის კლებადობის საერთო კანონზომიერების დარღვევას ადგილი აქვს აგრეთვე ქვემო ქართლის რაიონებში (11, გვ. 26). ეს განპირობებულია მაღალ ზონებში (დაახლოებით 1400 მეტრს ზემოთ) პლატოებისა და მაღალმთიანი ვაკეების არსებობით, რომლებიც წარმოადგენენ სამეურნეო საქმიანობისა და მოსახლეობის კონცენტრაციის ადგილებს.

მე-2 ცხრილში ყურადღებას იპყრობს აგრეთვე ისიც, რომ სამხრეთ ოსეთის მთელი მოსახლეობის სამ მეოთხედს მეტი (78,7%) ცხოვრობს 1200 მეტრამდე განლაგებულ ტერიტორიაზე, ანუ შიდა ქართლის ვაკისა და კავკასიონის ქედის სამხრეთი წინამთების ზოლში, ე. ი. იქ, სადაც დასახლებისათვის ყველაზე მეტად ხელსაყრელი ბუნებრივი პირობებია. მთისა და ვაკის მიჯნაზე ასეთი კომპაქტური განსახლების სურათი საქართველოს სხვა რაიონშიც გვაქვს. ასე, მაგალითად, კახეთის მოსახლეობის 77-78% განლაგებულია სწორედ მთებისწინა ზოლში, კერძოდ იქ, სადაც ცივ-გომბორის ქედისა და კავკასიონის კალთები ეკეში გადადიან (12, გვ. 600).

სამხრეთ ოსეთში განსახლების თავისებურებათა დასადგენად საჭიროა აგრეთვე მისი შედარება მთლიანად საქართველოსთან. თუ რესპუბლიკაში ზღვის დონიდან 1000 მეტრამდე ცხოვრობს მთელი მოსახლეობის თითქმის ცხრა მეათედი—88,9% (13, გვ. 54), სამხრეთ ოსეთში ამ სიმაღლემდე განლაგებულ ტერიტორიაზე თავმოყრილია ოლქის მოსახლეობის ნახევარზე ცოტა მეტი—56%. სამხრეთ ოსეთისათვის ამ მაჩვენებლის ასეთი სიმცირე გასაგები გახდება, თუ გაითვალისწინებთ, რომ ოლქის ტერიტორიის საშუალო აბსოლუტური სიმაღლე ბევრად აღემატება მთლიანად საქართველოს შესატყვის მაჩვენებელს; საქართველოში 1000 მეტრამდე განლაგებულია რესპუბლიკის მთელი ტერიტორიის 46,2%, სამხრეთ ოსეთში კი ამ საზღვარს ქვემოთ მდებარე ტერიტორია შეადგენს ოლქის საერთო ფართობის მხოლოდ 10,7%-ს. სამაგიეროდ სამხრეთ ოსეთში 1000 მეტრამდე განლაგებული ზონა უფრო მჭიდროდაა დასახლებული, ვიდრე საქართველოს შესაბამისი ზონა: სამხრეთ ოსეთისათვის აღნიშნული ზონის სიმჭიდროვე შეადგენს 127,8 კაცს ერთ კვადრატულ კილომეტრზე, მთლიანად საქართველოსათვის კი—112 კაცს (13, გვ. 54).

რესპუბლიკაში 1000-1500 მეტრებს შორის განლაგებული მოსახლეობის რაოდენობა შეადგენს საქართველოს მთელი მოსახლეობის 9,1%-ს, ტერიტორია—16,6%-ს, სიმჭიდროვე ერთ კვადრატულ კილომეტრზე—18,9 კაცს, ხოლო



სამხრეთ ოსეთში შესაბამისად—35,3%-ს, 31,5%-სა და 27,7 კაცს. თუ საქართველოში 1500 მეტრს ზევით მდებარე ტერიტორიაზე ცხოვრობს რესპუბლიკის მთელი მოსახლეობის 6,4%, სამხრეთ ოსეთისათვის ეს მაჩვენებელი ეთანაბრება 8,7%-ს.

მოსახლეობის სიმალლით ზონებში განლაგების საკონხებზე მსჯელობისას ყურადღება უნდა მიექცეს მუდმივი განსახლების გავრცელების საზღვრებსაც. ასეთი საზღვრები განსხვავებულია სამხრეთ ოსეთის ცალკეულ რაიონებში. ასე, მაგალითად, ზნაურის ადმინისტრაციულ რაიონში განსახლების ზედა საზღვარი აღწევს 1160 მეტრამდე ზღვის დონიდან (სოფ. ზემო ამბრეთი), ლენინგორის რაიონში—2000 მეტრამდე (სოფ. ჟაგოიანი), ცხინვალის რაიონში—2280 მეტრამდე (სოფ. გოზო) და ჯავის რაიონში—2400 მეტრამდე (სოფ. გალუათა). სიმალლეთა ამპლიტუდა დასახლებულ პუნქტებს შორის შეადგენს 1700 მეტრს—700 მეტრიდან (სოფ. ქვემო ქარზმანი, ჯავის რაიონი) 2400 მეტრამდე (სოფ. გალუათა, ჯავის რაიონი).

დაახლოებით აღნიშნულ საზღვრამდე (2300-2400 მ ზღვის დონიდან) ვრცელდება მუდმივი მოსახლეობა ცენტრალური და აღმოსავლეთ კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის რაიონებშიაც. საინტერესოა, რომ სამხრეთ ოსეთისათვის დამახასიათებელი მუდმივი განსახლების ზედა საზღვარი გააჩნია აგრეთვე ამიერკავკასიის ყველაზე მეტად მთიან რესპუბლიკას—სომხეთს, სადაც ზღვის დონიდან ყველაზე ზევით მდებარე დასახლებული პუნქტის სიმალლე 2400 მეტრია (14, გვ. 52).

როგორც ვხედავთ, განსახლების არეალი სამხრეთ ოსეთში ვრცელდება ზღვის დონიდან საკმაოდ დიდ სიმალლეზე. მუდმივ დასახლებულ პუნქტთა გავრცელების ასეთი მაღალი ზედა საზღვარი იმის მაჩვენებელია, რომ სამხრეთ ოსეთის ტერიტორიაზე, კერძოდ მის მაღალმთიან ზონაში, ბუნებრივი პირობები და რესურსები გარკვეულად ხელისშემწყობია სამეურნეო საქმიანობის წარმოებისა და განსახლებისათვის; ეს გარემოება კი, თუ მხედველობაში მივიღებთ სოციალისტური წყობის პირობებში ბუნებრივი რესურსების ათვისება-გამოყენების უარყოფით შესაძლებლობებს, მეტად მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს მაღალმთიან ადგილებში მოსახლეობის განსაზღვრული რაოდენობის შესანარჩუნებლად.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ვახუშტის სახელობის  
 გეოგრაფიის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 10.1.1961)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. გველესიანი. ქვემო ქართლის ზოგადი ეკონომიურ-გეოგრაფიული დახასიათება. ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. IX, 1956.
2. ვ. ჯაოშვილი. კახეთის მოსახლეობის გეოგრაფიისათვის (განსახლების საკითხი). საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიისთანამებ, ტ. XV, № 9, 1954.
3. ვ. ჯაოშვილი. საქართველოს მოსახლეობის გადაადგილება სიმალლითი ზონების მიხედვით, ჟურნ. „საქართველოს ეკონომისტი“, № 4, 1961.
4. Армянская ССР, М., 1955.



ბიოლოგია

ა. გამყრელიძე

რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის ჩრდილო ფრთის ქვედატარცული ნალექების სტრატობრაფიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ჯანელიძემ 25.9.1961)

რაჭა-ლეჩხუმის ქვედა ცარცი დიდიხანია ცნობილია. პირველად მას დუბუა დე მონპერო აღნიშნავს (1843). შემდეგ ეს ნალექები შეისწავლეს პ. აბიხმა, ე. ფაერმა, ს. სიმონოვიჩმა, ე. ფურნიემ, ბ. მეფერტმა.

1939 წელს ქვედა ცარცი დეტალურად დაანაწილა ა. ჯანელიძემ. მან დაადგინა ქვ. ნეოკომურის ტრანსგრესია და რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის ჩრდილო ფრთაში გამოჰყო ბარემული სართულის ამონიტური ფაციესი [1].

უფრო გვიან ეს ნალექები შეისწავლა მ. ერისთავმა [2], რომელიც რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის ჩრდილო ფრთაში აღნიშნავს: ფაუნით შედარებით ღარიბ ვალანჯინურს და პოტრიეულს, ხოლო ბარემულში (სოფ. კვაცხუთთან) და აბტურში (სოფ. მალთან) ცალკეულ ზონებსაც გამოჰყოფს.

აღბურ ნალექებში, სოფ. ჩორჯოსთან, მ. ერისთავი აღნიშნავს კლანსეურ ჰორიზონტს *Acanthoplites Abichi* Anth.-თი.

ამგვარად, ქვედაცარცული ნალექები საკმაოდ დეტალურად იყო შესწავლილი და, უმეტეს შემთხვევაში, პალეონტოლოგიურად დასაბუთებულიც. მიუხედავად ამისა, საკვლევ ზოლში, ბოლო დრომდე, მეტად პირობითი იყო საზღვარი ქვ. ნეოკომურსა (ვალანჯინურ-პოტრიეული) და ბარემულს შუა და, ბევრგან, ბარემულსა და აბტურს შუაც. ასევე ყველგან არ ხერხდებოდა ამ სართულების ზონებად დანაწილება. ამასთანავე, გასაგებია, არაზუსტად იყო განსაზღვრული თითოეული სართულის მოცულობა და სიმკვარე.

1959—60 წლებში რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის ჩრდილო ფრთის ქვ. ცარცულ ნალექებში, მდ. რიონისა და მისი მარჯვენა შენაკადების: რიცეულის, ასკის-წყლისა და ლაჯანურის ხეობებში ჩემს მიერ შედგენილ იქნა დეტალური სტრატოგრაფიული კრილები და შესწავლილ იქნა ფაუნა, რაც საშუალებას იძლევა ერთგვარად დაზუსტდეს აღნიშნული საკითხები.

მდ. რიონის, სოფ. წესის მიდამოებში, სწევებს თითქმის მიმართების გასწვრივ მიჰყვება. მდინარის მარცხენა ციკაბო ნაპირზე კარგად ჩანს ზ. იურის ფერადი წყების თანდათან გადასვლა ქვ. ცარცულ ნალექებში. აქ შიშვლდებიან:

1. მსხვილმარცვლოვანი არკოზული ქვიშაქვები—1,5 მეტრი;
2. მუქი ნაცრისფერი ქვიშიანი კირქვები—2,5 მეტრი;
3. ნაცრისფერი გაღოლომიტებული კირქვები—3 მეტრი;

4. არკოზული ქვიშაქვები—15,20 მეტრი;

5. წითელი ქვიშიანი თიხებისა და თაბაშირის შრეების (2—4 მ) მორი-გეობა—25—30 მ;

6. თხელშრეებრივი, ღია ფერის, კრისტალური კირქვები, რომლებიც ზევით თანდათან სქელშრეებრივ გადოლომიტებულ კირქვებში გადადიან. ოდნავ დასავლეთით, მდ. რიონი მკვეთრად უზვევს სამხრეთისაკენ, მიმართების მართობულად ჰკვეთს, ასევე სამხრეთისაკენ დაქანებულ, ქვედაცარტულ ნაღებებს და ე. წ. ხიდიკარის ეიწრობს ჰქმნის.

აქ, მდინარის მარჯვენა ნაპირზე, ზ. იურის ფერად წყებას ხარვეზით გაშიშვლებაში მოჰყვება:

1. სქელშრეებრივი, ნაცრისფერი, მკვრივი გადოლომიტებული კირქვები, დაქანება SW 190 < 80°, სიმძლავრე—10 ა მ;

2. თხელშრეებრივი, ფიქლებრივი, მოცისფრო-მონაცრისფრო მსხვრე-ვადი კირქვები, დაქანება SW 190 < 65°, სიმძლავრე—12 მ;

3. შრეებრივი, ნაცრისფერი კირქვები, სიმძლავრე—70 მ;

4. ხარვეზი გაშიშვლებაში—28—30 მეტრი;

5. მოთეთრო-მონაცრისფრო, მსხვრევადი, პელიტომორფული კირქვები კაესის ლინზებით (10-15 სმ). აქ გვხვდება: *Pseudothurmannia mortilleti* Pict. et Lor. ოდნავ ზევით—*Pseud. cf. angulicostata* d'Orb., *Hibolites subfusiformis* Rasp., *Rhynchonella cherevensis* Jac. et Fall.

6. ხარვეზი 8—10 მეტრი;

7. ტლანქშრეებრივი, ზოგან მასივური, მკვრივი კაჟიანი კირქვები, სიმძლავრე—60 მ; ქვედა ნაწილში აღმოჩნდა: *Phylloceras cf. ponticuli* Rousseau).

8. შრეებრივი, მუქი ნაცრისფერი კირქვები, ზოგან მერგელის შუაშრეებით, სიმძლავრე—30 მ. აქ გვხვდება: *Spitidiscus seunesi* Kil., *sp. cf. fallacior* Coquand, *Pulchellia (Heinzia) matura* Hyatt;

9. ასეთივე კირქვები, სიმძლავრე—30 მ.

ამ დასტის სულ ზედა ნაწილში, მდ. რიონის მარცხენა ნაპირზე პოვნის იქნენ: *Astieridiscus cf. phasiensis* Rouch., *Barremites hemiptichus* Kil., *B. cf. charrierianus* d'Orb., *B. cf. subdifficilis* Kar., *Rhynchonella malbosii* Pict. V. *tennicostata* Nutz., *Ith. multififormis* Roem., *v. rotundicosta* Jac. et Fall. ასევე, იმავე დონეზე, გზიდან უფრო მაღლა—*Cymatoceras radiatum* Sow., *Protetragonites cf. crebrisulcatus* Uhlig., *Pr. strangulatum* d'Orb., *Pr. sp.*, *Anahamulina silesiaca* Uhlig., *Costidiscus recticostatus* d'Orb., *Pseudohaploceras dowillei* (Fallot);

10. ასეთივე კირქვები მერგელის შუაშრეებით, სიმძლავრე—50 მ.

სულ ქვედა ნაწილში აღმოჩნდა: *Matheronites cf. ridzewskyi* Kar., *Colchidites cf. ratschensis* Rouch., *C. sp.*, *Imerites cf. katscharawai* Rouch., *Opis rionensis* Rouch., *Terebratula biplicata* (Brocchi) Low., *T. sella* Sow., *Kingena lata* Nutz., *Dzirulina dzirulensis* Anth.



შემდეგ უფრო მალა სტრატეგრაფიულად—*Ancyloceras sp.*, *Toxoceratoides elegans* d'Orb., *Heteroceras sp.*

ხიდიკარის დასავლეთით, საელიოს ქედზე, ასეთსავე კირქვებში ნახულია: *Ancyloceras helicoides* Rouch., *Anc. kutatisiense* Rouch., *Anc. cf. renauxi* d'Orb.

დასტის ზედა ნაწილში ფაუნა არ გვხვდება;

11. მერგელოვანი კირქვები და მერგელები. მათში პოვნილ იქნა: *Cleoniceras cleoni* d'Orb.;

12. ტრანსგრესიული ოლიგოცენი (მიკოპის წყება).

პირველ რიგში საყურადღებოა დასტა (5). მასში პოვნილი *Pseudothermannia mortilleti* Pict. et Lor. ჰოტრიევულში და ქვ. ბარემულში გვხვდება, ხოლო *Pseud. angulicostata* d'Orb. ბოლო დრომდე, ქვ. ბარემულის ამავე სახელწოდების ზონის სახელმძღვანელო ნამარხად ითვლებოდა. მაგრამ ეინიუმ და მორემ [3] დამაჯერებლად გვიჩვენეს, რომ სტრატოტიპში ზედა ჰოტრიევულზე განლაგებულია ურგონი *Reguenia emmonia*-თი. ფრანგი გეოლოგების გამოკვლევების მიხედვით, *Reguenia ammonia* ჩნდება *Holcodiscus caillaudi*-ს ზონაში (გოგელი და სხვ.). ამავე დროს ეინიუმ და მორემ მიუთითებენ, რომ *Pseud. angulicostata*-ს ზონაში ბარემული გვარების ძლიერ იშვიათი და პრიმიტიული წარმომადგენლები გვხვდება; მათი ნამდვილი აყვავება კი იწყება უფრო ზემოთ, *Holcodiscus caillaudi*-ს ზონაში. ამავე დროს *Pseud. angulicostata*-ს ზონაში ძლიერია ჰოტრიევული ელემენტები, კერძოდ ჰოტრიევული *Crioceratites*. მათ შორის, *Crioceratites duvali* Lev.-ს ჯგუფი, რომელიც ზ. ჰოტრიევლისთვის არის დამახასიათებელი.

ამასთანავე, როგორც მ. ერისთავი აღნიშნავს [4], ბორიულ პროვინციაში *Simbirskidae*-ს ოჯახი, *Crioc. duvali*-ს და *Pseud. angulicostata*-ს ზონების ექვივალენტებთან არის დაკავშირებული. მ. ერისთავი აღნიშნავს აგრეთვე, რომ ჩრდილო კავკასიაში, თურქმენეთში, ეოლგისპირეთში და საქართველოს უმეტეს ნაწილებში ცვლილება ნალექთდაგროვებაში ხდება სწორედ *Pseud. angulicostata*-ს და *Holcodiscus caillaudi*-ს ზონებს შორის. ამიტომ ბუნებრივია *Pseud. angulicostata*-ს ზონა ზედა ჰოტრიევულს მიეკუთვნოს.

ამგვარად, აღწერილი ჰორის 1—5 დასტები მთლიანად ქვ. ნეოკომს (ვალანტინურ-ჰოტრიევულს) ეკუთვნის, ე. ი. უკანასკნელის სიმძლავრე აქ 210 მეტრამდე აღწევს.

დასტები (7), (8) და (9), მათში პოვნილი ფაუნის მიხედვით, ბარემულს მიეკუთვნება. ამავე დროს შეიძლება გამოვყოთ ქვედა *Holcodiscus caillaudi*-ს ზონა, რომელზეც (8) დასტაში პოვნილი ფაუნა მიუთითებს და ზედა *Heteroceras Leonhardtii*-ს ზონა, რომელსაც (9) დასტის ფაუნის კომპლექსი ადასტურებს. ამრიგად, ბარემულის სიმძლავრე ამ კრილში 130 მეტრს აღწევს.

დასტა (10) აბტს ეკუთვნის. მის ქვედა ნაწილში აღნიშნული *Matheronites cf. ridzewskiyi* Kar. საქართველოში პირველად არის პოვნილი. ის ჩრდილო კავკასიაში ქვ. აბტის ქვედა ზონის სახელმძღვანელო ნამარხად ითვლება.



აღსანიშნავია, რომ მასთან ერთად გვხვდება აგრეთვე კოლხიდიტესები, რომლებიც საქართველოში ქვედა აპტის დამახასიათებელ ჯგუფად არის მიჩნეული. ამ დასტაში გამოიყოფა ასევე *Ancyloceras*-ებიანი პორიზონტი, რომელიც შესაძლებელია *Deshayesites deshayesi*-ის ზონის ექვივალენტად ჩავთვალოთ. ამ დასტის ზედა ნაწილი ზედა აპტს უნდა მივაკუთვნოთ.

დასტა (11)-ში ნახული ფორმა ალბურ სართულს ახასიათებს.

ქვ. ცარცული ნალექების სრული ჭრილი გვაქვს აგრეთვე მდ. რიცე-ულის ხეობაში. აქ კირქვები ასევე სამხრეთისკენ არიან დაქანებული (<75°). მდინარის მარცხენა ნაპირზე, ცნელად მისადგომ გაშიშვლებაში, კარგად ჩანს:

1. ბაიოსის ტუფბრეკჩები: მცირე ხარვეზის შემდეგ;
2. რუხი მოწითლო თიხები, მოვარდისფრო კირქვის, 30—40 სმ სიმაღლის შუაშრეებით—8—10 მ;

3. მომწვანო ქვიშიანი კირქვებისა და თიხიანი კარბონატული ქვიშაქვების მორიგეობა. ზედა ნაწილში ჭარბობს კირქვის შრეები—20—25 მ. ნაყარში გვხვდება ვარდისფერი თაბაშირის ნატეხები;

ეს დასტა თანდათან გადადის

4. ტლანქშრეებრივ გადოლომიტებულ კირქვებში.

შემდეგ გზის პირას შიშვლდება:

5. მასივური, ძლიერ ნაპრალოვანი, მოყავისფრო ნაცრისფერი კირქვები. დაქანება SW 200<75°, სიმაღლე—100 მ.

მ. ერისთავი აღნიშნავს: *Zeilleria abchasica* Nutz.;

6. ასეთივე, მხოლოდ პორიანი კირქვები, სიმაღლე—50 მ.

მ. ერისთავი აღნიშნავს *Hibolites cf. longior* Schw. და *Oryteuthis cf. Iasicowi* Lah.;

7. ნუქი, ტლანქშრეებრივი, კაეის ლინზებიანი კირქვები, სიმაღლე—70 მ.

ზედა ნაწილში აღმოჩნდა: *Pseudothurmannia cf. angulicostata* d'Orb.;

8. ხარვეზი 60 მეტრი. დასაწყისში, ერთ ადგილას, მცირე სიმაღლის კირქვის შრის გამოსავალი, მასში—*Spitidiscus seunesi* Kil.;

9. შრეებრივი, ზოგან მერგელოვანი კირქვები. სიმაღლე—40 მეტრი. პოენილი: *Phyllopachyceras eichwaldi* Kar., *Costidiscus nodosocostatus* Kar., *Baremites cf. difficilis* d'Orb., *B. hemiptichus* Kil., *B. ponticuli* (Roucelan), *Pulchellia compressissima* d'Orb., *Rhynchonella cherenensis v. Moutoniformis* Jac. et Fall.;

10. შრეებრივი, მოყვითალო, პელიტომორფული კირქვები, სიმაღლე—15 მ. აქ აღმოჩნდა: *Phylloceras aff. velledae.*, *Pseudohaploceras aff. matheroni*. *Matheronites cf. soulieri* mather., *Colchidites sp.*, *Cheloniceras cornuelianum* d'Orb., *Rhynchonella cf. nuciformis* Sow., *Terebratula buplicata* (Brocchi) Sow., *Dzirulina dzirulensis* Anth.; უფრო ზევით კი *Ancyloceras cf. kutatisiense* Rouch.

დასტის ზედა ნაწილში ფაუნა არ გვხვდება.;

11. მერგელოვანი კირქვები. ზედა ნაწილში 2,5 მეტრის სიმძლავრის გლაუკონტიანი ქვიშაქვის შრე, შემდეგ მერგელოვანი კირქვებისა და, შედარებით მცირე სიმძლავრის, თიხების მორიგეობა. ქვედა ნაწილში მ. ერისთავი აღნიშნავს: *Aucellina cf. aptiensis*-ს, სიმძლავრე—20—25 მეტრი.

ამ ჭრილში დასტები (1), (2) და (3) მიეკუთვნება ზ. იურის ფერად წყებას (კამერიჯულ-ტიტონური?) დასტები (4), (5), (6), (7)—ვალანეინურსა და პოტრივეულს (სიმძლავრე 200—220 მ.).

ბარემული სართული მოიცავს (8) და (9) დასტებს. შეიძლება გამოვყოთ ქვედა—*Holcodiscus caillaudi*-ს ზონა, რომელზეც (8) დასტაში პოვნილი ფორმა მიუთითებს, და ზედა *Heteroceras Leonhardti*-ს ზონა, რომელსაც (9) დასტის ფაუნა ადასტურებს. ბარემულის სიმძლავრე 100 მეტრს არ აღემატება.

დასტა (10) აპტს მიეკუთვნება. აქ შეიძლება გამოვყოთ: ქვედა პორიზონტი, რომელიც *Colchidites securiformis*-ის ზონას შეესაბამება და ზედა—*Ancyloceras kutatisiense*-ს პორიზონტი, რომელიც *Deshayesites deshayesi* Leym.-ს ზონის ექვივალენტს წარმოადგენს, ხოლო ამ დასტის უფაუნო ნაწილი, ზედა აპტს შეესაბამება. დასტა (11)-ს ქვედა ნაწილი ალბს ეკუთვნის, ზედა კი—ზედა ცარცს.

მდ. რიცეულის დასავლეთით მეტად საყურადღებოა სოფ. ჩორჯოს მდამოები. აქ მდ. ჩორჯოს-წყალას მარცხენა ფერდზე, საურმე გზის პირას კარგად ჩანს.

1. ტუფქვიშაქვებისა და პორფირიტების მორიგეობა, დაქ. SO 170 ∨ 70°;
2. ტუფბრეჭიები, სიმძლავრე—100 მეტრი;
3. კარბონატული თიხა—4 მ;
4. ქვიშიანი კირქვა. მასში, დაკუთხული ან სუსტადდამუშავებული ბაიოსის პორფირიტული წყების მასალა (ქვარგვლების დიამეტრი 1—5 სმ). დაქანება NW 350 < 60°, სიმძლავრე—1—1,5 მეტრი;
5. ქვიშიანი კირქვები—10 მეტრი;
6. ბრეჭიისებური აგებულების კირქვები, კირქვისავე ნაგორები მასალით (ქვარგვლების დიამეტრი 0,5—8 სმ);
7. შრეებრივი მკვრივი პელიტომორფული კირქვები. სიმძლავრე—30 მ. ზედა ნაწილში აღმოჩნდა: *Lytoceras (Biasaloceras) sauculum* Druze. და *Pseudothurmannia cf. mortilleti* Pict. et. Lor.;
8. ასეთივე კირქვები.

დასტა (1) და (2) ბაიოსის პორფირიტულ წყებას ეკუთვნის, ხოლო (3), (4), (5) და (6) ქვ. ცარცის ფუძის ფორმაციას წარმოადგენს. (7) დასტაში პოვნილი ფაუნა მის ზედა პოტრივეულ ასაკზე მიუთითებს. ამგვარად, ამ ჭრილში კარგად ჩანს ქვედა ნეოკომის ტრანსგრესიული განლაგება ბაიოსის პორფირიტულ წყებაზე. აღნიშნული ფაუნა და ამავე დროს ქვ. ნეოკომის ძლიერ მცირე სიმძლავრე (30—35 მეტრი), მიუთითებს, რომ აქ ტრანსგრესიულად პოტრივეული, როგორც ჩანს მისი ზედა ნაწილი, არის განლაგებული.

ქვ. ცარცული ნალექები კარგად არის გაშიშვლებული აგრეთვე მდ. ასკის-წყლის ხეობაში. აქ კიდური ანტიკლინური უკუნაოქის სამხრეთ ფრთაში შიშვლებიან:

1. ტლანქშრეებრივი, გადოლომიტებული კირქვები, რომლებიც ანტიკლინის თალს აგებენ. ფუძე არ არის გაშიშვლებული;

2. შრეებრივი, მსხვერვალი კირქვები. ქვედა ნაწილში—*Barremites hemiptichus* Kil და *B. cf. charrierianus* d'Orb., ზედა ნაწილში—*Costidiscus recticostatus* d'Orb., სიმძლავრე—100—120 მეტრი;

3. თეთრი ფერის, პელიტომორფული, შრეებრივი კირქვები. ქვედა ნაწილში აღმოჩნდა: *Matheronites coulieri* matheron, *Colchidites cf. ratschen-sis* Rouch., *Imerites cf. tscholaschensis* Rouch., ოდნავ ზემოთ—*Deshayesites dechyi* Papp.;

4. ასეთივე კირქვები. ქვ. ნაწილში პოვნილია: *Chelonicerias cornuelianum* d'Orb., ზედა ნაწილში კი—*Cymatoceras cf. tsaltsithelensis* Rouch. და *Phylloceras velledae* (Michelin);

5. მუქი ფერის თიხებისა და მერგელების მორიგეობა, სიმძლავრე—50 მ. დაახლოებით დასტის შუა ნაწილში აღმოჩნდა: *Neohibolites spiniformis* Kriing., *N. cf. minimus* List., *N. cf. pingus* stoll.

ამგვარად, ამ ჭრილში ისევე როგორც ხიდიკარში და რიცეულის ხეობაში, ქვედა აპტურში [დასტა (3)] შეიძლება გამოვყოთ: ქვედა—*Colchidites securiformis* ის ზონა და ზედა—*Deshayesites deshayesi*-ის ზონა. ზედა აპტში კი, [დასტა (4)]—ქვედა ზონა *Chelonicerias submodosocostatum*, ხოლო ამ დასტის ზედა ნაწილი—აპტის სულ ზედა *Colombiceras tobleri*-ს ზონას უნდა შეესაბამებოდეს.

დასტა (5), მასში პოვნილი ბელმნიტების მიხედვით, ალბს მიეკუთვნება. კიდევ უფრო დასავლეთით, მდ. ლაჯანურის ხეობაში, ქვ. ცარცული ნალექების შემდეგი ჭრილი გვაქვს:

1. თიხაფიქლებისა და ქვიშაქვების მორიგეობა, დაქ.  $NO < 60^\circ$ ;

2. მდ. ლაჯანურის მარჯვენა შენაკად მუხაურის დელეში—კონგლომერატი აგებული ბაიოსის მასალით, სიმძლავრე—0,5 მეტრი;

3. ქვიშიანი კირქვები, სიმძლავრე—20 მეტრი;

4. ტლანქშრეებრივი, პორიანი, გადოლომიტებული კირქვები. დაქანება  $N < 80^\circ$ , სიმძლავრე—100 მეტრი;

5. ტლანქშრეებრივი კირქვები კაჟის ყანწისებური, დატოტვილი კონკრეციებით ე. წ. „კუნძიანი კირქვები“. ქვედა ნაწილში—*Lytoceras sp.* სიმძლავრე—150 მ;

6. შრეებრივი, თეთრი ფერის, პელიტომორფული კირქვები. სიმძლავრე—100 მ. ქვედა ნაწილში—*Spitidiscus andrussowi* Kar. და *Duvalia binervia* Raap. ეს წყება სამხრეთით, მომდევნო წყებებთან ერთად, მთელ რიგ მცირე მასშტაბის ნაოჭებს ჰქმნის, ამიტომ, უფრო სამხრეთით, ხეობაში მისი მხოლოდ ზედა ნაწილია გაშიშვლებული ანტიკლინური ნაოჭების თალურ ნაწილებში, სადაც პოვნილია: *Phlopachyceras infundibulum* d'Orb., *costidi-*





*scus recticostatus* d'Orb., *Barremites hemiptichus* Kil, *B. cf. subdifficilis* Kar., *Rynchonella multiformis* Reem., *v. rotundicosta* Jac. et Fall., *Dzi-rulina Rouchadzei* Nutz.;

7. თეთრი ფერის, თხელშრეებრივი კირქვები, რომლებიც მუქ ნაცრის-ფერ, მერგელოვან, ფიქლებრივ კირქვებთან მორიგეობს. ზედა ნაწილში კირ-ქვები მოვარდისფერია. სიმაღლე—30 მეტრი.

ამ დასტის ქვედა ნაწილში აღმოჩნდა: *Cymatoceras radiatum* Sow., *Matheronites cf. ridzewskiyi*, *M. Matheron.*, *M. sp.*, *Mesohibolites minareticus* Krimg., *M. Uhligi* Schwetz; უფრო ზევით—*Ancyloceras dichototum* Rouch., *Anc.*, *cf. Sahoriensis* Rouch., *Anc. cf. phasiense* Rouch., *Anc. sp.*, *Heteroceras sp.*, *Cheloniceras cornuelianum* d'Obr., *Rhynchonella cf. nuciformis* Sow., *Terebratula sella* Sow.

ოღნავ. ზევით—*Deshayesites dechyi* Papp. დასტის სულ ზედა ნაწილში პოვნილია: *Phylloceras cf. goretii* Kil., *Colombiceras subpeltoceroideis* Sinz., და *Neohibolites inflexus* Stoll.

8. ქვედა ნაწილში მოვარდისფრო მერგელები, ხოლო ზემოთ მერგელე-ბისა და რუხი ფერის თიხების მორიგეობა, სიმაღლე 30—35 მ. აქ პოვნი-ლია: *Neohibolites minor* Stoll., *N. brevis* Schwetz., *Aucellina aptiensis* d'Orb., *A. caucasica* Buch., *A. sp.* (აუტელნიები განსაზღვრულია ე. კოტე-ტიშველის მიერ). უფრო ზევით აღმოჩნდა: *Neohibolites stylioides* Renng.

ამგვარად, აქაც, ისევე როგორც სხვა ზემოაღწერილ ჭრილებში, გამო-იყოფა ქვედა ნეოკომური კირქვები [დასტა (3), (4) და (5)], მაგრამ საზღვრის დადგენა, ამ კირქვებსა და ბარემულ კირქვებს შუა, აქ გაანელებულია. შესა-ძლებელია, „კუნძიანი კირქვების“ ზედა ნაწილი ბარემულს ეკუთვნოდეს.

დასტა (6) ბარემულს მოიცავს, ხოლო (7)—აპტურს. აპტურში შეიძლება გამოიყვით ქვედა აპტი, რომელშიც აქაც ზემოაღნიშნული ზონები გამოიყოფა და ზედა აპტი, რომელშიც ამ ჭრილში, კარგად გამოიყოფა ზედა აპტის ზედა, *Colombiceras tobleri*-ს ზონა. (8) დასტაში პოვნილი ფაუნა მას ალბურად ათარიღებს.

ამრიგად, განხილული ჭრილები საშუალებას იძლევა ზოგი დასკვნა გა-ეკეთოთ.

რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის ჩრდილო ფრთის ქვ. ცარტული ნაღებები, მის აღმოსავლურ ნაწილში (სოფ. წესთან და მდ. რიცუელის ხეობაში), თან-ხმობით აგრძელებენ ზ. იურის ფერად წყებას. ეს მოვლენა იმაზე მიგვიითითებს, რომ აღნივანი მოძრაობა, რომელიც ლუხიტანის ბოლოს დაიწყო (1), და რომელთანაც დაკავშირებულია ლაგუნური ფერადი წყების წარმოშობა, აქ ისე შეიცვალა დაღმავალით, რომ სრულ ემერსიას ადგილი არ ჰქონია ე. ი. უნდა დაეშვათ, რომ, იქ სადაც გვაქვს უწყვეტი გადასვლა ფერადი წყებისა ქვედა ცარტში, ფერადი წყების ზედა ნაწილი, და შესაძლებელია მომდევნო გადოლომიტებული კირქვების სულ ქვედა ნაწილიც, ტიტონურ საართულს შეიცავს.

შესწავლილი რაიონის დანარჩენ უბნებზე ქვ. ცარტი ყველგან აშკარად ტრანსგრესიულია ბაიოსის პორფირიტულ წყებაზე. ტრანსგრესია ვალანეი-



ნურით იწყება, მაგრამ ზოგან ადგილი აქვს დაგვიანებულ ტრანგრესიას (სოფ. ჩორჯოს მიდამოებში—ტრანსგრესიულია ზ. ჰოტრიეული).

ქვ. ცარცულ ნალექებში შემდეგი სტრატეგრაფიული ერთეულები გამოიყოფა:

1. ტლანქშრეებრივი, გადოლომიტებული, ხოლო ზემოთ შრეებრივი, კაჟიანი კირქვები—ვალანჟინურ-ჰოტრიეული (სიმძლავრე—200—220 მეტრი). ჰოტრიეულის ზედა ნაწილში შეიძლება გამოვეყოთ *Pseudothurmannia angulicostata*-ს ზონა

2. შრეებრივი, პელიტომორფული კირქვები—ბარემული—(სიმძლავრე 100—130 მეტრი). მასში ორი ზონა გაირჩევა:

ქვედა—*Holocodiscus Caillaudi* და ზედა—*Heteroceras Leonhardtii*

3. თხელშრეებრივი, მერგელოვანი კირქვები-აპტური (სიმძლავრე 15—50 მეტრი) მასში შეიძლება გამოვეყოთ:

ქვედა აპტი—

ა) *Matheronites ridzewskiy* და *Colchigites securiformis*-ის ზონა

ბ) ზონა—*Deshayesites deshayesi* და

ზედა აპტი—

ა) ზონა—*Chelonicerias subnodosocostatum*,

ბ) ზონა—*Colombicerias tobleri*;

4. მერგელების და თხების მორიგეობა- ალბური (სიმძლავრე 15—50 მეტრი).

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოლოგიური ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.9.1961)

დაბოწმებული ლიტერატურა

1. А. И. Джанелидзе. Геологические наблюдения в Окрибе и смежных частях Рачи и Лечхума. Тбилиси, 1940.
2. М. С. Эристави. Грузинская глыба в нижнемеловое время, Тр. Геолог. института АН СССР, геолог. сер., т. VI (XI), 1957.
3. M. Gignoux et L. Moret. Nomenclature stratigraphique du cretace inferieur dans le Sud—Est de la France, Travaux du Laboratoire de geologie de la Faculte des sciences de l'Universite de Grenoble, t. XXV, 1946.
4. М. С. Эристави. Нижний мел Кавказа и Крыма, Изд. АН СССР, Тбилиси,
5. J. Goguel. Sur l'extension des Facies Urgoniens dans les monts de Vaucluse, Bul. Soc. geologique de France, sec, 5, t. II, 1932.
6. Н. Г. Химшиашвили. Верхнеюрская фауна Грузии, Изд. АН СССР, Тбилиси, 1957.



პალეონტოლოგია

6. ჯანელიძე

ახალი მონაცემები პონტურ და კიმერიულ მოლუსკურ ფაუნათა ფილოგენეზური კავშირების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. დავითაშვილმა 8.9.1960)

პონტურ და კიმერიულ მოლუსკურ ფაუნათა შორის მჭიდრო კავშირის არსებობა ეჭვს არ იწვევდა ამ ფაუნათა შემსწავლელ ბიოსტრატოგრაფებსა და პალეონტოლოგებს შორის. უკანასკნელ წლებში დაგროვდა ბევრი ახალი მონაცემი, რომელიც მოწმობს კიმერიულ ფორმებსა და მათ პონტურ წინამორბედებს შორის მჭიდრო ნათესაურ კავშირს. ქვემოთ განხილული ფორმები იძლევიან ახალ დასაბუთებას პონტურ და კიმერიულ ფაუნათა მემკვიდრეობითობის შესახებ.

ფორმების აღწერა

*Didacna laiturica* n. sp., N. Djanelidze.

პოლოტიპი. №  $\frac{1958}{33}$  საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიო-

ლოგიის ინსტიტუტი. გურია, მდ. აჭისწყალი, აზოვის შრეები.

აღწერა. ნიჟარა პატარა, ოვალურ-ტრაპეკოიდული, ძლიერ არათანაბარგვერდიანი, ამობურცული. საკეტი კიდის წინა მხარე მოკლე და საგრძნობლად დახრილი წინა კიდისაკენ. წინა კიდე ამოზნექილი, რამდენადმე მახვილი. ქვედა კიდე ოდნავ ამოზნექილი, გრძელი. უკანა კიდე მცირედ დაზიანებულია, მაგრამ, როგორც ჩანს, ჩამოკვეთილი. იგი წინა კიდეზე გრძელია. საკეტი კიდის უკანა მხარე სიგრძით წინა მხარეს აღემატება და ქვედა კიდის პარალელურია.

თხემი პატარა, მახვილი ქედით და საგრძნობლად გადაადგილებულია წინა კიდისაკენ. ქედი მახვილია მხოლოდ თხემზე, ქვევით მას აქვს მომრგვალებული გადანაკეცი, რომელიც წინა ფართო არეს უკანა საგრძნობლად ვიწრო და ციკაბო არისაგან ყოფს.

წინა არეზე 30 ამობურცული, წვრილქერცლოვანი წიბოა. წიბოები ერთმანეთისაგან იყოფა ბრტყელი შუალებებით, რომელთა სიგანე წიბოთა სიგანის დაახლოებით 1/3 არ აღემატება. წინა ნაწილში წიბოთაშორისი არეები ოდნავ ფართოვდება. წინა არის უკანა 15 წიბო სუსტად ასიმეტრიულია. ამ წიბოთა უკანა გვერდები ციკაბოა, თითქმის ვერტიკალურია; წინა გვერდები დამრეცია და ოდნავ ამოზნექილი. შემდეგი 8 წიბო მომრგვალებულია,

ხოლო სულ წინა 7 წიბო ასიმეტრიულია უფრო ციცაბო წინა გვერდებით. უკანა არეზე 12-მდე წიბოა, რომელთაგან პირველ 2—3, ქედთან მდებარე წიბოზე შეიმჩნევა ასიმეტრია—უკანა გვერდები უფრო ციცაბოა.

მარჯვენა საგდულის საკეტი შედგება უკანა ბორცვისებრი და წინა, რედუცირებული კარდინალური და თითო გვერდითი კბილებისაგან. წინა კარ-



1a



1b



2a



2b



3a



3b

- სურ. 1. *Didaena laiturica* N. Djan. ჰოლოციტი, გურია, მდ. აჭისწყალი, ახოვის შრეები: a—მარჯვენა საგდული გარედან; b—იგივე შიგნიდან;
- სურ. 2. *Didaena gurievi devica* N. Djan. ჰოლოციტი, გურია, მდ. აჭისწყალი, ახოვის შრეები: a—მარჯვენა საგდული გარედან; b—იგივე შიგნიდან;
- სურ. 3. *Prionopleura seninskii* (Andrus.) ტოპოტი, აფხაზეთი, მდ. დუბი. დუბის შრეები, შუა ჰორიზონტი: a—მარჯვენა საგდული გარედან; b—იგივე შიგნიდან (ყველა სურათი ბუნებრივი სიდიდისა)

დინალური კბილი პატარა და მცირედ შესამჩნევია. კარდინალურ კბილებს შორის სამკუთხა ფოსოა. წინა გვერდითი კბილი ფირფიტისებრია და ნიჟარის კიდეზე ვერ აღწევს; იგი რამდენადმე ჩაძირულია. უკანა გვერდითი კბილი მცირედ შესამჩნევია.

ლუნულა მკაფიო, სეგმენტისებრია. ფარაკი გაურკვეველი. ლიგამენტის ფირფიტა წაგრძელებული.

შიგა წიბოები თხემისქვეშა სივრცეზე არ აღწევენ და ქრებიან წინა არის შიგა ზედაპირის შუა ნაწილში. შუათანა წიბოებს კიდეები ფირფიტისებრი აქვთ.

კუნთის აღნაბეჭდებიდან წინა უფრო ღრმაა, ვიდრე უკანა. მანტიის ხაზი მთლიანია.

ზომები (მმ)

| სიგრძე | სიმაღლე | ამობურცულობა | შეფარდებები |        |
|--------|---------|--------------|-------------|--------|
|        |         |              | სმ : სგ     | ა : სმ |
| 33,0   | 25,0    | 8,5          | 0,78        | 0,34   |

შედარებები და საერთო შენიშვნები

ნიჟარის საერთო მოხაზულობით აღწერილი სახე მოგვაგონებს *D. ovata*-ს, მაგრამ განსხვავდება მისგან წინა არის წინა და უკანა ნაწილისა და ნაწილობრივ უკანა არის წიბოების მცირე ასიმეტრიულობით, თხემის ქედინობით და მარჯვენა საგულში გვერდითი კბილების არსებობით. როგორც ჩანს, აღწერილი ფორმა ხსენებული პონტური სახიდან უნდა იყოს წარმოშობილი. წიბოების თავისებურების გამო ასალი სახე გვარ დიდაკნას რამდენადმე პირობით მიეკუთვნება.

გავრცელება. გურია, მდ. აჭისწყალი, აზოვის შრეები. ასაკი. კიმერიული სართული, აზოვის შრეები.

*Didacna gurievi* Desh. subsp. *devica* n. subsp., N. Djanelidze.

პოლოტიპი. №  $\frac{1958}{35}$  საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიო-

ლოგიის ინსტიტუტი. გურია, მდ. აჭისწყალი, აზოვის შრეები.

აღწერა. ნიჟარა პატარა, მომრგვალებულ-ტრაპეციოიდული საგრძნობლად არათანაბარგვერდიანი, ამობურცული. საკეტი კიდის წინა მხარე მოკლე, თითქმის სწორი. იგი თანდათან გადადის წინა კიდეში, რომელიც ამოხნეკილია და საგრძნობლად გამოწეული თხემის წინ. ქვედა კიდე თითქმის სწორი. უკანა კიდე ოდნავ ამოხნეკილი, თითქმის სწორი და ჩამოკვეთილი. საკეტი კიდის უკანა მხარე წინაზე გრძელია და უფრო ამოხნეკილი.

თხემი ქედანია, მკაფიოდ ამალღებული საკეტი კიდეზე, შედარებით ფართო და რამდენადმე წინ გადაადგილებული. თხემის წვეტი ოდნავ ჩახვე-



ული. ქედი შედარებით მახვილია მხოლოდ თხემზე, ქვემოთ კი მრგვალებდა. წინა არე გამოიყოფა უკანისაგან მომრგვალებული გადანაკეციით.

წინა არე დაფარულია წვრილქერცლოვანი მომრგვალებული წიბოებით, რომლებიც ერთმანეთისაგან გამოიყოფიან მკაფიო შუალედებით. შუალედების სიგანე არ აღემატება წიბოების სიგანის ერთ მესამედს. წიბოთა რიცხვი 22—23. წიბოთაშორისი არეები წინა არის წინა ნაწილში ოდნავ ფართოვდება. ზრდის ხაზები ვარკვეული მონაკვეთების შემდეგ ქვედა კიდისაკენ თანდათან უხეში და საფეხურისებრი ხდება. ნიჟარის ზედა ნაწილში წიბოებზე ხშირად ჩანს წვრილი, წერტილოვანი ხორკლები. ზოგ წიბოზე, როგორც ჩანს, მეტად გამოფიტულზე, შეიმჩნევა 3—4 ძაფისებრი, მეორადი წიბო. უკანა არეზე 12—15 წიბოა. ქედთან მდებარე პირველი 5—6 წიბო ქვედა კიდესთან ოდნავ ასიმეტრიულია (ციცაბო გვერდებით მიმართულია ქედისაკენ) და უფრო ფართოა, ვიდრე დანარჩენი წიბოები. უკანა არის წიბოები, ზრდის ნახი ხაზებით გადაკვეთის გამო, აგრეთვე წვრილქერცლოვანია.

მარჯვენა საგდულის საკეტი შედგება დიდი, ბორცვისებრი უკანა კარდინალური კბილისაგან, მის წინ მდებარე სამკუთხოვანი კარდინალური ფოსოსაგან და მცირე, წერტილოვანი წინა კარდინალური კბილისაგან, რომელიც საკეტ კიდეს შიგა მხრიდან ეკვრის. გვერდითი კბილები ძნელად შეიმჩნევა; მათგან უკანა განვითარებულია უფრო ცხადად. მარცხენა საგდულის საკეტი კოლექციაში არ მოიპოვება.

ლიგამენტის ფირფიტა ზომიერი სიდიდის, შედარებით ფართოა და გამოიყოფა საკეტი კიდის უკანა მხრისაგან მკაფიო და ღრმა ნაპრალით.

ლუნულა ვიწროსამკუთხისებრია და შემოფარგლულია უკანა მხრიდან არაღრმა ღარაკით. ფარაკი არაა მკაფიოდ განვითარებული. საკეტი კიდის უკანა მხარის გასწვრივ შეიმჩნევა ძლიერ ვიწრო ბაქანი, რომელიც ფარაკს შეესაბამება.

შიგა 22—24 წიბო მკაფიოდ გამოირჩევა მანტიის ხაზსა და ნიჟარის ქვედა კიდეს შორის. მათგან მხოლოდ 5—7 შუა წიბო გადადის მანტიის ხაზს და შემდეგ სწრაფად ქრება. თითქმის ყველა შიგა წიბო შუა ხაზის გასწვრივ ოდნავ ჩაღრმავებულია. შუა 4—5 წიბოს, ღერძული ჩაღრმავების გარდა, აქვს ძაფისებრი 2—4 მეორადი წიბო.

კუნთების აღნაბეჭდები მკაფიოა. წინა კუნთის აღნაბეჭდი ოვალურია, უფრო ჩაღრმავებული. ამ კუნთის აღნაბეჭდის უკანა კიდიდან თხემისქვეშა არისაკენ მიიმართება ლილვაკი, რომლის ზედა ბოლოზე ჩანს კუნთების მიმაგრების წერტილოვანი ნიშნები. უკანა კუნთის აღნაბეჭდი წაგრძელებული ოვალურია, ნაკლებად ჩაღრმავებული. ამ კუნთის აღნაბეჭდის წინა კიდიდან თხემისქვეშა არისაკენ მიიმართება მცირედ ამალელებული ლილვაკი. ორივე კუნთის აღნაბეჭდის ზემოთ, უშუალოდ შესატყვისი გვერდითი კბილების ქვეშ ჩანს ძლიერ მცირე, მაგრამ საკმაოდ ჩაღრმავებული კუნთების აღნაბეჭდები.

მანტიის ხაზი მკაფიოა, უკანა კუნთის აღნაბეჭდის ქვეშ ოდნავ დაბლაგვებული.

ზომები (მმ)

| სიგრძე | სიმაღლე | ამობურცულობა | შეფარდებები |        |
|--------|---------|--------------|-------------|--------|
|        |         |              | სმ : სკ     | ა : სმ |
| 29,0   | 27,0    | 10,5         | 0,93        | 0,38   |

შედარებები და საერთო შენიშვნები. ნიჟარის საერთო მოხაზულობით, წიბოების ხასიათით, თხემის მოყვანილობით და ნაწილობრივ საკეტის აგებულებით აღწერილი ფორმა გარდამავალია *D. ex gr. sulcatina*-სა და *D. gurievi*-ს ჯგუფს შორის. განსაკუთრებით ეს წიბოების აგებულებას ეხება. აღწერილი ფორმის წიბოები წვრილქერცლოვანია, რაც მას პონტურ *D. sulcatina*-ს ჯგუფთან აახლოებს. ამასთან ერთად ეს წიბოები ხშირად მეორადი წიბოების მატარებელია, რაც ხშირად შეიმჩნევა კიმერიულ *D. gurievi*-ს წიბოებზე. *D. gurievi*-ს წიბოებიც წვრილქერცლოვანია [1] და ხასიათის მიხედვით უახლოვდება *D. sulcatina*-ს წიბოებს, მაგრამ ამ უკანასკნელის ქერცლოვანება მეტადაა გამოსახული, მაშინ როდესაც *D. gurievi*-ზე იგი შეიმჩნევა გადიდების შემდეგ.

გავრცელება. გურია. მდ. აჭისწყალი, აზოვის შრეები.  
ასაკი. კიმერიული სართული, აზოვის შრეები.

*Prionopleura seninskii* (Andrussow)

1931. *Prosodacta seninskii* Andrus. Вассоевич и Эберзин 3. табл. II, фиг. 5.

1959. *Prionopleura* (?) *seninskii* Andrussow (in coll.) Эберзин 4, стр. 121, табл. XXI, фиг. 1.

ტოპოტიპი. №  $\frac{1958}{1510}$  საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი. აფხაზეთი, მდ. დუბაი, დუბაის შრეები, შუა ჰორიზონტი.

აღწერა. ნიჟარა დიდი ზომისაა, სამკუთხა-ოვალური, საგრძნობლად არათანაბარგვერდიანი, მკაფიოდ ამობურცული. საკეტი კიდის წინა მხარე მოკლე, ჩაზნექილი. მისი ვადასგლა წინა კიდეში მომრგვალებული. წინა კიდე ამოზნექილია, იგი თანდათან გადადის ქვედა კიდეში. ქვედა და უკანა კიდე დაზიანებულია. საკეტი კიდის უკანა მხარე ამოზნექილი და წაგრძელებულია.

თხემი დიდი ზომისაა, საგრძნობლად ამალღებული საკეტ კიდეზე, წიბოიანი და ჩახვეული, ქედი—მომრგვალებული. უკანა არე ვიწროა და შუა ნაწილში, საკეტი კიდის უკანა მხარის პარალელურად, ოდნავ ჩაზნექილი. წინა არე ფართოა.

წინა არეზე 13 წიბოა. პირველი 2 წიბო ძნელად შესამჩნევია. მესამე წიბო უკვე ისახება მომრგვალებული გადანაკეტის სახით, რომელიც ზევით, თხემთან ახლოს გამახვილებულია. საერთოდ პირველი 3 წიბო გარკვეულად ჩანს ნიჟარის ზემო ნაწილში. შემდგომი 2 წიბო ფართოა, გარდიგარდმო

ჭრილში დაბალ-სამკუთხისებრია, ძაფისებრი და მახვილი ქედით, რომელიც წიბოს წინა კიდესთან უფრო ახლოს მდებარეობს, რის გამოც წიბოები ასიმეტრიულია. ამ ორი წიბოს წინა გვერდები უფრო ვიწრო და ციცაბოა, ვიდრე უკანა. ამ წიბოების გვერდები ოდნავ ჩაზნექილია. შემდეგი 5 წიბო ფართოა, გარდიგარდმო ჭრილში სამკუთხოვანი, მახვილი ქედებით და ჩაზნექილი გვერდებით. ამ წიბოთა სივანე ნიჟარის ქედისაკენ რამდენადმე იზრდება, სიმაღლე კლებულობს, ჩაზნექილი გვერდები კი სწორდება და ოდნავ ამოზნექილიც კი ხდება. 2 უკანასკნელის წინა წიბო ზედა ნაწილში ასიმეტრიულია: უკანა გვერდები უფრო ვიწრო და ციცაბოა, ვიდრე წინა. ქედის წიბო აგრეთვე ასიმეტრიულია, მაგრამ იგი დაბალია და უფრო დამრგვალებული, ვიდრე მის წინ მდებარე ორი წიბო. წიბოები ერთმანეთისაგან გამოიყოფიან ძლიერ ვიწრო შუალედებით, რომლებიც გვერდებზე შემოფარგლული არიან ძაფისებრი ხაზებით. ეს ნამდვილი წიბოთაშორისებია, მაშინ როდესაც მოჩვენებით უფრო ფართონი არიან და გარდიგარდმო ჭრილში ნახევარწრიული. წიბოები და წიბოთაშორისი არეები იკეთებებიან წვრილი ზრდითი ხაზებით. განსაზღვრულ მონაკვეთებში ეს ზრდითი ხაზები უფრო უხეში და რამდენადმე საფეხურისებური ხდება.

საკეტის კიდე ვიწროა. მარცხენა საგდულის საკეტი შედგება ფირფიტისებურ, სამკუთხოვან წინა გვერდითი კბილისაგან. კარდინალური კბილის ადგილზე განვითარებულია ლილეაკისებრი ამოღება, რომელიც საკეტი კიდის პარალელურია.

ლიგამენტის ფირფიტა ვიწროა და ნიჟარის კიდისაგან გამოიყოფა ვიწრო ნაპრალით. ამ ფირფიტის შიგა ზედაპირზე, მის შუა ნაწილში შეიმჩნევა გასწვრივი ღარი.

ლუწულა არაა გამოხატული. მის ადგილზე განვითარებულია არალრმა ღარი, რომელიც თხემის წვერიდან წინა კიდისაკენ მიიმართება და ბოლოვდება წინა გვერდითი კბილის უკანა ბოლოსთან, სადაც საკეტი კიდის წინა მხარე ოდნავ ჩაზნექილია. ამ მიმართულებით ღარი ფართოვდება. ფარაკი ძნელად შესამჩნევია და უკანა არისაგან მკაფიო გადანაკეციტ გამოიყოფა.

შიგა ზედაპირი წიბოიანია. შიგა წიბოები რიცხვით დაახლოებით 10-მდეა. ისინი თხემისკენ შიგნით სივრცემდე აღწევენ. თითოეულ წიბოს შუა ნაწილში შედარებით ღრმა ღარაკი აქვს, რომელიც ნიჟარის კიდესთან მას თითქმის ორ ნაწილად ყოფს. ნიჟარის კიდესთან შიგა წიბოები რამდენადმე ვიწროვდება.

წინა კუნთის აღნაბეჭდი მომრგვალებული და ზედაპირულია. ის მდებარეობს უშუალოდ წინა გვერდითი კბილის ქვეშ. უკანა კუნთის აღნაბეჭდის შესწავლა აუ მოხერხდა. მანტიის ხაზი მკაფიოა.

ზომები (მმ)

| სიგრძე    | სიმაღლე | ამობურცულობა | ბეჭდარდებები |        |
|-----------|---------|--------------|--------------|--------|
|           |         |              | სმ : სგ      | ა : სმ |
| 44,0—48,0 | 43,0    | 19,0         | —            | 0,44   |



შედარებები და საერთო შენიშვნები. *Prionopleura seninskii*-ს პირველი აღწერა მოცემულია ა. ებერზინის მონოგრაფიაში [4]. ავტორმა საკეტისა და შიგა ზედაპირის შესწავლულობის გამო ეს სახე მხოლოდ პირობით მიაკუთვნა გვარ *Prionopleura*-ს. შემოთ მოყვანილი ცნობები მარცხენა საგდულის საკეტისა და შიგა ზედაპირის შესახებ, როგორც ჩანს, ეთანხმება გვარ *Prionopleura*-ს ნიშნებს. აქვე უნდა აღინიშნოს შესწავლილი ნიმუშის ჰოლოტიპისაგან ზოგიერთი განსხვავების შესახებ. ჯერ ერთი, გარე ზედაპირის აღწერისას ა. ებერზინი მიუთითებს, რომ ჰოლოტიპის წინა არე „...დაფარულია 11 წიბოთი, რომელთა სიდიდე თანდათან მატულობს წინა-უკანა მიმართულებით“. შესწავლილ საგდულზე შესაძლებელი შეიქმნა 13 წიბოს დათვლა, მაგრამ მათგან პირველი ორი, როგორც ეს აღწერაშია ნათქვამი, ძლიერ სუსტად შეიმჩნევა და საერთოდ პირველი სამი წიბო გარკვეული ხდება მხოლოდ ნიჟარის ზედა ნაწილში. შემდეგ, ა. ებერზინი მიუთითებს უკანასკნელი ქედის წიბოს ასიმეტრიულ აგებულებაზე, მაგრამ მის მიერ აღწერილი ფორმის გამოსახულების მიხედვით (ტაბ. XXI, სურ. 1) ასიმეტრიისადმი მიდრეკილება შეიმჩნევა ორი უკანასკნელისწინა წიბოზეც. შესწავლილი საგდულისა და ჰოლოტიპის აღნიშნული განსხვავებების მიუხედავად, როგორც ჩანს, ჯერჯერობით უსაფუძვლო იქნებოდა ახალი ტაქსონომიური ერთეულის გამოყოფა.

ახლო მდგომ *P. colchica*-საგან აღწერილი სახე განსხვავდება წიბოების მეტი რაოდენობით, რომლებიც ამასთან ერთად რამდენადმე ნაკლები სიმაღლის არიან; *P. prionopleura*-ს ჯგუფის სახეებს წიბოები შედარებით უფრო მაღალი და ჩვეულებრივ დაკბილული აქვთ.

აღწერილი ფორმა ახლო დგას პონტურ *Limnocardium (Euxinocardium) seninskii*-სთან, რომლისაგანაც განსხვავდება, ძირითადად, საკეტის აგებულებით და საგდულის მეტი ზომით.

გავრცელება. აფხაზეთი, მდ. დუბი, დუბის შრეები, შუა ჰორიზონტი.

ასაკი. კიმერიული სართული, შუა ჰორიზონტი.

დასკვნები

აღწერილ ფორმებს გარკვეული სტრატეგრაფიული მნიშვნელობა აქვთ. *Didacna lautrea*-ს და *Didacna gurievi devica*-ს მორფოლოგიური თავისებურებები მეტყველებენ ამ ფორმათა გარდამავალ მდებარეობაზე ერთი მხრივ შესატყვის პონტურ ფორმებსა და მეორე მხრივ კიმერიულ ფორმებს შორის, რაც შეეხება *Prionopleura seninskii*-ს, ლიტერატურული მონაცემებისა [2] და ჩვენ მიერ ნაპოვნი ნიმუშის მიხედვით, მისი ვერტიკალური გავრცელების ფარგლები რამდენადმე უფრო ფართოა და მოიცავს პონტსა და კიმერიულის ნაწილს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.9.1960)



დამოწმებული ლიტერატურა

1. N. Andrussoff. Studien über die Brackwesserkardiden. Зап. имп. АН по физ.-мат. отд., т. XXV, № 8, 1910.
2. Н. И. Андрусов. Апшеронский ярус. Труды Геол. Ком., Н. сер., вып. 110, 1923.
3. Н. Б. Вассоевич и А. Г. Эберзин. Материалы к изучению кимерийских Prosodacna Tourn. Труды. Геол. Музея АН СССР, т. VIII, 1931.
4. А. Г. Эберзин. Солоноватоводные кардиниды плиоцена СССР, часть III, Труды ПИН АН СССР, т. XXIY, 1959

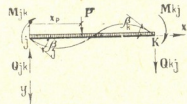
**ტექნიკა**

ნ. ჟორჟოლიანი

**დეფორმაციის მეთოდით თავისუფალ  
რხმვათა სიხშირეების განსაზღვრის  
საკითხისათვის**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზაერეევმა 14.2.1961)

თანაბრად განაწილებული მასის მქონე სტატიკურად ურკვევადი ღეროვანი სისტემების თავისუფალ რხევათა ამოცანის მარტივი გადაწყვეტა მიიღება დეფორმაციის მეთოდის გამოყენებით. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: მოცემული რხევადი სისტემიდან გამოიყოფა მომიჯნავე კვანძების შემაერთებელი ღეროები. მოშორებული ნაწილის გავლენა შეიცვლება სათანადო ძალებით (კიდური კვებების მლუნავი მომენტები, განივი და ნორმალური ძალები). ამ ძალთა სიდიდეები განისაზღვრება გამოყოფილი ღეროების კიდურა კვებების გადანაცვლებისა და დრეკად-ინერციული წინაღობის შედეგით. რხევადი სისტემის კვანძების წონასწორობა საშუალებას გვაძლევს შევადგინოთ წრფივი ერთგვაროვანი განტოლებათა სისტემა კვანძების გადანაცვლების მიმართ. სისტემის თავისუფალ რხევის სიხშირეთა განტოლებას ვიღებთ კვანძების გადანაცვლების კოეფიციენტების დეტერმინანტის ნულთან გატოლებით. კიდური კვებების მლუნავი მომენტის გრძივი და გადამჭრელი ძალის გამოსახულებანი თანაბრად განაწილებული მასის მოქმედებისას მოცემული იყო [1] ნაშრომში. მათი გამოყენება შესაძლებელია თანაბრად განაწილებული და შეყურსული მასის ერთდროულად მოქმედების შემთხვევაშიც. ამ შემთხვევაში რხევის სიხშირის განტოლების მისაღებად წონასწორობის განტოლებები დგება როგორც საყრდენი კვანძებისთვის, ისე შეყურსულ მასათა მოდების წერტილისათვისაც. მაგრამ ამ დროს რხევის განტოლების დეტერმინანტის რიგი შედარებით მაღალი გამოდის.



ნახ. 1

ამ ნაშრომის მიზანია კიდური კვებების მლუნავი მომენტების გამოსახულების მიღება თანაბრად განაწილებული და შეყურსული მასით დატვირთული სისტემისათვის, რომლის საყრდენ კვანძებს არ გააჩნიათ ხაზობრივი გადაადგილების საშუალება. თავისუფალი რხევის სიხშირის განტოლების შედგენის დროს ამ გამოსახულებათა გამოყენება საშუალებას გვაძლევს განვიხილოთ მხოლოდ შუალედური საყრდენი კვანძების წონასწორობა, რაც საგრძნობლად ამცირებს სიხშირის განტოლების გასაშლელი დეტერმინანტის რიგს. მაგალითად,  $n$ -მალიანი უჭრი კოჭის შემთხვევაში სიხშირის განტოლების დეტერმინანტის რიგი შეიძლება დაწესდეს  $(3n - 1)$ -დან  $(n - 1)$ -მდე.

განვიხილოთ  $l_k$  მალი (ნახ. 1). ნახაზზე მოცემული მომენტები და კუთხური გადაადგილებანი მიღებულია დადებითად.

საკუთარი რხევის ფორმის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს სახე [2]:

$$\frac{d^4 y}{d\xi^4} - \alpha^4 y = f(\xi), \quad (1)$$

სადაც

$$\xi = \frac{x}{l_k}, \quad f(\xi) = \frac{l_k^4}{EI} F(x), \quad \alpha^4 = \frac{m_0 \omega^2 l_k^4}{EI};$$

$m_0$  — კოპის ერთეული სიგრძის მასაა.

(1) განტოლების საერთო გადაწყვეტას შეყურსული ძალის მოქმედებისას აქვს შემდეგი სახე:

$$y(\xi) = AS(\alpha\xi) + BT(\alpha\xi) + CU(\alpha\xi) + DV(\alpha\xi) + \frac{P l_k^3}{\alpha^3 EI} V[\alpha(\xi - \xi_p)]. \quad (2)$$

ამ გამოსახულებაში მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

$$S(\alpha\xi) = \frac{I}{2} (\operatorname{ch} \alpha\xi + \cos \alpha\xi), \quad U(\alpha\xi) = \frac{I}{2} (\operatorname{ch} \alpha\xi - \cos \alpha\xi),$$

$$T(\alpha\xi) = \frac{I}{2} (\operatorname{sh} \alpha\xi + \sin \alpha\xi), \quad V(\alpha\xi) = \frac{I}{2} (\operatorname{sh} \alpha\xi - \sin \alpha\xi).$$

შეყურსული მასის ინერციული ძალის ამპლიტუდა ტოლი იქნება

$$P = m_p \omega^2 y(\xi_p) = m_p \omega^2 [AS(\alpha\xi_p) + BT(\alpha\xi_p) + CU(\alpha\xi_p) + DV(\alpha\xi_p)]. \quad (3)$$

თუ (2) გამოსახულებაში შევიტანთ (3)-ს, მივიღებთ

$$y(\xi) = AS(\alpha\xi) + BT(\alpha\xi) + CU(\alpha\xi) + DV(\alpha\xi) + \eta\alpha [AS(\alpha\xi_p) + BT(\alpha\xi_p) + CU(\alpha\xi_p) + DV(\alpha\xi_p)], \quad (4)$$

სადაც  $\eta = \frac{m_p}{m_0 l_k}$  წარმოადგენს შეყურსული მასის ღეროს მასასთან შეფარდების განმსაზღვრელ კოეფიციენტს.

(4) გამოსახულების  $x$ -ს მიმართ ორჯერ გადადერენციალებით მივიღებთ

$$y'(x) = \frac{\alpha}{l_k} \{AV(\alpha\xi) + BS(\alpha\xi) + CT(\alpha\xi) + DU(\alpha\xi) + \eta\alpha [AS(\alpha\xi_p) + BT(\alpha\xi_p) + CU(\alpha\xi_p) + DV(\alpha\xi_p)] U[\alpha(\xi - \xi_p)]\},$$

$$M(x) = -\frac{\alpha^2 EI}{l_k^2} \{AU(\alpha\xi) + BV(\alpha\xi) + CS(\alpha\xi) + DT(\alpha\xi) + \eta\alpha [AS(\alpha\xi_p) + BT(\alpha\xi_p) + CU(\alpha\xi_p) + DV(\alpha\xi_p)] T[\alpha(\xi - \xi_p)]\}.$$

$A, B, C$  და  $D$  ნებისმიერი მუდმივების მნიშვნელობას ვიგებთ შემდეგი სასაზღვრო პირობებიდან:

როცა

$$\xi = 0 \quad Y(0) = 0 \quad \text{და} \quad y'(0) = \beta_j,$$

როცა

$$\xi = 1 \quad Y(1) = 0 \quad \text{და} \quad y'(1) = \beta_k.$$

ეს პირობები გვაძლევს მუდმივების შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$A = 0, \quad B = \beta_j \frac{l_k}{\alpha},$$

$$C = \frac{K(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p) - F(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p)}{G(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - R(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)} \cdot \frac{l_k}{\alpha} \beta_j - \frac{H(\alpha, \xi_p)}{G(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - R(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)} \cdot \frac{l_k}{\alpha} \beta_k,$$

$$D = \frac{F(\alpha, \xi_p) R(\alpha, \xi_p) - K(\alpha, \xi_p) G(\alpha, \xi_p)}{G(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - R(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)} \cdot \frac{l_k}{\alpha} \beta_j - \frac{G(\alpha, \xi_p)}{G(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - R(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)} \cdot \frac{l_k}{\alpha} \beta_k.$$

ცხრილი 1

$$\xi_p = 0,2$$

| $\alpha$ | $\Delta(\alpha, \xi_p)$ |          |          | $\lambda(\alpha, \xi_p)$ |          |          | $\gamma(\alpha, \xi_p)$ |          |          |
|----------|-------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|          | $\eta=1$                | $\eta=2$ | $\eta=3$ | $\eta=1$                 | $\eta=2$ | $\eta=3$ | $\eta=1$                | $\eta=2$ | $\eta=3$ |
| 0,0      | 4,000                   | 4,000    | 4,000    | 2,000                    | 2,000    | 2,000    | 4,000                   | 4,000    | 4,000    |
| 0,5      | 3,998                   | 3,997    | 3,996    | 2,015                    | 2,031    | 2,004    | 3,999                   | 3,999    | 3,999    |
| 1,0      | 3,974                   | 3,957    | 3,940    | 2,016                    | 2,015    | 2,019    | 3,889                   | 3,988    | 3,986    |
| 1,2      | 3,946                   | 3,912    | 3,877    | 2,023                    | 2,032    | 2,040    | 3,978                   | 3,976    | 3,973    |
| 1,4      | 3,899                   | 3,835    | 3,769    | 2,044                    | 2,060    | 2,076    | 3,959                   | 3,955    | 3,951    |
| 1,6      | 3,827                   | 3,716    | 3,602    | 2,075                    | 2,104    | 2,132    | 3,930                   | 3,922    | 3,915    |
| 1,8      | 3,720                   | 3,536    | 3,348    | 2,122                    | 2,169    | 2,218    | 3,886                   | 3,874    | 3,862    |
| 2,0      | 3,567                   | 3,277    | 2,974    | 2,190                    | 2,265    | 2,344    | 3,825                   | 3,805    | 3,785    |
| 2,2      | 3,352                   | 2,907    | 2,429    | 2,286                    | 2,403    | 2,529    | 3,739                   | 3,708    | 3,675    |
| 2,4      | 3,055                   | 2,382    | 1,634    | 2,420                    | 2,601    | 2,802    | 3,620                   | 3,572    | 3,517    |
| 2,6      | 2,647                   | 1,632    | 0,450    | 2,606                    | 2,887    | 3,214    | 3,460                   | 3,382    | 3,292    |
| 2,8      | 2,084                   | 0,544    | -1,382   | 2,869                    | 3,311    | 3,864    | 3,241                   | 3,114    | 2,956    |
| 3,0      | 1,298                   | -1,096   | -4,428   | 3,243                    | 3,962    | 4,963    | 3,299                   | 2,723    | 2,423    |
| 3,2      | 0,170                   | -3,730   | -10,201  | 3,796                    | 5,033    | 7,088    | 2,513                   | 2,120    | 1,468    |
| 3,4      | -1,516                  | -8,422   | -24,414  | 4,646                    | 6,992    | 12,426   | 2,041                   | 1,517    | 0,305    |
| 3,6      | -4,264                  | -19,037  | -115,63  | 6,078                    | 11,529   | 47,310   | 0,898                   | -1,116   | -14,289  |
| 3,8      | -9,327                  | -62,095  | -86,409  | 8,810                    | 30,372   | -30,310  | -0,885                  | -9,713   | 15,130   |
| 4,0      | -21,584                 | 14,563   | 39,393   | 15,650                   | -61,634  | -12,533  | -5,083                  | 30,638   | 7,944    |
| 4,2      | -93,341                 | 44,082   | 28,207   | 56,802                   | -17,073  | -8,539   | -29,165                 | 10,550   | 5,962    |
| 4,4      | 77,852                  | 29,072   | 23,114   | -42,462                  | -10,829  | -6,965   | 27,786                  | 7,274    | 4,768    |
| 4,6      | 33,415                  | 22,893   | 20,112   | -17,274                  | -8,613   | -6,325   | 12,753                  | 5,624    | 3,741    |
| 4,8      | 22,983                  | 19,328   | 17,989   | -11,870                  | -7,737   | -6,223   | 9,008                   | 4,336    | 2,624    |
| 5,0      | 18,027                  | 16,768   | 16,220   | -9,837                   | -7,908   | -6,596   | 7,014                   | 3,023    | 1,210    |
| 5,2      | 15,268                  | 14,987   | 14,854   | -9,696                   | -8,668   | -8,109   | 5,524                   | 1,144    | -1,265   |
| 5,4      | 13,302                  | 11,846   | 11,506   | -9,782                   | -9,885   | -10,002  | 4,026                   | -1,278   | -6,122   |
| 5,6      | 9,332                   | 8,523    | 7,745    | -10,004                  | -12,466  | -14,718  | 2,129                   | -5,266   | -12,040  |
| 5,8      | 5,706                   | 0,638    | -6,465   | -12,012                  | -20,648  | -36,609  | -0,492                  | -15,443  | -43,182  |
| 6,0      | -0,597                  | -56,643  | 59,927   | -16,709                  | -86,565  | 58,740   | -25,549                 | -337,6   | 358,99   |
| 6,2      | -18,373                 | 46,862   | 28,253   | -32,009                  | 17,206   | 8,187    | -75,288                 | 27,283   | 18,191   |
| 6,4      | -1757,7                 | 29,596   | 23,538   | -7285,2                  | 14,694   | 9,405    | 41,290                  | 4,977    | 5,146    |





ამ გამოსახულებებში მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

$$\begin{aligned}
 F(\alpha, \xi_p) &= T(\alpha) + \eta\alpha T(\alpha\xi_p) V[\alpha(1 - \xi_p)], \\
 G(\alpha, \xi_p) &= U(\alpha) + \eta\alpha U(\alpha, \xi_p) V[\alpha(1 - \xi_p)], \\
 H(\alpha, \xi_p) &= V(\alpha) + \eta\alpha V(\alpha\xi_p) V[\alpha(1 - \xi_p)], \\
 K(\alpha, \xi_p) &= S(\alpha) + \eta\alpha T(\alpha, \xi_p) U[\alpha(1 - \xi_p)], \\
 R(\alpha, \xi_p) &= T(\alpha) + \eta\alpha U(\alpha\xi_p) U[\alpha(1 - \xi_p)], \\
 M(\alpha, \xi_p) &= U(\alpha) + \eta\alpha V(\alpha\xi_p) U[\alpha(1 - \xi_p)].
 \end{aligned}$$

კილურ კვეთებში მლუნაეი მომენტების გამოსახულების მისაღებად  $M(x)$ -ს მნიშვნელობაში შევიტანოთ  $A, B, C$  და  $D$  კოეფიციენტების მნიშვნე-

ცხილი 2

$$\xi_p = 0,3$$

| $\alpha$ | $\Delta(\alpha, \xi_p) = \nu$ |          |          | $\lambda(\alpha, \xi_p)$ |          |          | $\gamma(\alpha, \xi_p)$ |          |          |
|----------|-------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|          | $\eta=1$                      | $\eta=2$ | $\eta=3$ | $\eta=1$                 | $\eta=2$ | $\eta=3$ | $\eta=1$                | $\eta=2$ | $\eta=3$ |
| 0,0      | 4,000                         | 4,000    | 4,000    | 2,000                    | 2,000    | 2,000    | 4,000                   | 4,000    | 4,000    |
| 0,5      | 3,997                         | 3,994    | 3,991    | 2,000                    | 2,000    | 2,000    | 3,997                   | 3,996    | 3,995    |
| 1,0      | 3,969                         | 3,947    | 3,925    | 2,016                    | 2,026    | 2,036    | 3,986                   | 3,982    | 3,979    |
| 1,2      | 3,915                         | 3,889    | 3,843    | 2,034                    | 2,054    | 2,074    | 3,972                   | 3,963    | 3,955    |
| 1,4      | 3,878                         | 3,791    | 3,702    | 2,064                    | 2,102    | 2,140    | 3,948                   | 3,932    | 3,915    |
| 1,6      | 3,790                         | 3,636    | 3,476    | 2,111                    | 2,178    | 2,247    | 3,909                   | 3,880    | 3,850    |
| 1,8      | 3,656                         | 3,397    | 3,120    | 2,182                    | 2,294    | 2,415    | 3,852                   | 3,803    | 3,750    |
| 2,0      | 3,461                         | 3,036    | 2,560    | 2,286                    | 2,472    | 2,681    | 3,770                   | 3,688    | 3,596    |
| 2,2      | 3,181                         | 2,492    | 1,668    | 2,437                    | 2,743    | 3,109    | 3,652                   | 3,516    | 3,354    |
| 2,4      | 2,778                         | 1,646    | 0,151    | 2,655                    | 3,165    | 3,838    | 3,485                   | 3,255    | 2,952    |
| 2,6      | 2,209                         | 0,328    | -2,577   | 2,968                    | 3,831    | 5,164    | 3,244                   | 2,838    | 2,213    |
| 2,8      | 1,311                         | -2,206   | -9,766   | 3,463                    | 5,117    | 8,672    | 2,895                   | 2,117    | 0,445    |
| 3,0      | -0,076                        | -7,593   | -47,505  | 4,242                    | 7,884    | 27,223   | 2,356                   | 0,591    | -8,776   |
| 3,2      | -2,473                        | -26,814  | 56,975   | 5,606                    | 17,884   | -24,279  | 1,450                   | -4,701   | 16,471   |
| 3,4      | -7,398                        | 143,58   | 25,217   | 8,455                    | -70,920  | -8,693   | -0,357                  | 41,376   | 8,658    |
| 3,6      | -22,603                       | 30,993   | 18,592   | 17,369                   | -12,384  | -5,500   | -5,780                  | 10,737   | 6,916    |
| 3,8      | 1207,4                        | 20,052   | 15,754   | -710,37                  | -7,091   | -4,188   | 424,50                  | 7,778    | 6,058    |
| 4,0      | 32,811                        | 16,784   | 14,179   | -17,718                  | -5,188   | -3,518   | 14,567                  | 6,538    | 5,468    |
| 4,2      | 22,160                        | 14,758   | 13,169   | -9,481                   | -4,271   | -3,153   | 9,418                   | 5,752    | 4,965    |
| 4,4      | 17,341                        | 13,494   | 12,450   | -6,815                   | -3,785   | -2,965   | 7,501                   | 5,116    | 4,470    |
| 4,6      | 14,908                        | 12,628   | 11,918   | -5,613                   | -3,557   | -2,916   | 6,382                   | 4,328    | 3,950    |
| 4,8      | 13,548                        | 11,934   | 11,449   | -4,973                   | -3,468   | -2,948   | 5,462                   | 3,861    | 3,307    |
| 5,0      | 12,253                        | 11,357   | 11,026   | -4,697                   | -3,530   | -3,068   | 4,628                   | 3,103    | 2,538    |
| 5,2      | 11,142                        | 10,951   | 10,729   | -4,807                   | -3,841   | -3,404   | 3,685                   | 2,082    | 1,434    |
| 5,4      | 10,508                        | 10,298   | 10,106   | -5,320                   | -4,541   | -4,112   | 3,677                   | 1,770    | 0,886    |
| 5,6      | 9,787                         | 9,675    | 9,629    | -5,508                   | -4,796   | -4,575   | 1,336                   | 0,825    | -1,796   |
| 5,8      | 8,853                         | 8,835    | 8,812    | -6,082                   | -5,912   | -5,824   | -0,579                  | -3,554   | -4,995   |
| 6,0      | 7,613                         | 5,440    | 7,543    | -7,315                   | -7,841   | -8,159   | -3,534                  | -8,439   | -11,148  |
| 6,2      | 5,572                         | 4,781    | 4,222    | -10,511                  | -13,421  | -15,533  | -19,447                 | -33,005  | -42,952  |
| 6,4      | 0,689                         | -8,841   | -36,665  | -18,103                  | -41,073  | -10,223  | -22,641                 | -76,935  | -22,400  |

ნელობანი და ფარდობითი აბსცისის მნიშვნელობანი თანმიმდევრობით მივიღოთ 0-ს და 1-ს ტოლი. მომენტების გამოსახულებას საბოლოოდ ექნება ასეთი სახე:

$$M_{jk} = i_k [\Delta(\alpha, \xi_p) \beta_j + \lambda(\alpha, \xi_p) \beta_k]$$

და

$$M_{kj} = i_k [\lambda(\alpha, \xi_p) \beta_j + \gamma(\alpha, \xi_p) \beta_k],$$

სადაც  $\Delta(\alpha, \xi_p)$ ,  $\lambda(\alpha, \xi_p)$ ,  $\gamma(\alpha, \xi_p)$ -ით აღნიშნულია შემდეგი ფუნქციები:

$$\Delta(\alpha, \xi_p) = \frac{F(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - K(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)}{G(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - R(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)} \alpha,$$

$$\lambda(\alpha, \xi_p) = \frac{H(\alpha, \xi_p)}{G(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - R(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)} \alpha,$$

$$\gamma(\alpha, \xi_p) = \frac{G(\alpha, \xi_p) Z(\alpha, \xi_p) - H(\alpha, \xi_p) I(\alpha, \xi_p)}{G(\alpha, \xi_p) M(\alpha, \xi_p) - R(\alpha, \xi_p) H(\alpha, \xi_p)} \alpha.$$

აქ

$$i_k = \frac{EI}{l_k}, \quad J(\alpha, \xi_p) = S(\alpha) + \eta\alpha U(\alpha, \xi_p) T[\alpha(1 - \xi_p)],$$

$$Z(\alpha, \xi_p) = T(\alpha) + \eta\alpha V(\alpha, \xi_p) T[\alpha(1 - \xi_p)].$$

ცხრილი 3

$$\xi_p = 0,4$$

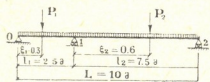
| $\alpha$ | $\Delta(\alpha, \xi_p)$ |          |          | $\lambda(\alpha, \xi_p)$ |          |          | $\gamma'(\alpha, \xi_p)$ |          |          |
|----------|-------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
|          | $\eta=1$                | $\eta=2$ | $\eta=3$ | $\eta=1$                 | $\eta=2$ | $\eta=3$ | $\eta=1$                 | $\eta=2$ | $\eta=3$ |
| 0,0      | 4,000                   | 4,000    | 4,000    | 2,000                    | 2,000    | 2,000    | 4,000                    | 4,000    | 4,000    |
| 0,5      | 3,996                   | 3,993    | 3,991    | 2,000                    | 2,000    | 2,000    | 3,996                    | 3,996    | 3,994    |
| 1,0      | 3,969                   | 3,948    | 3,927    | 2,021                    | 2,035    | 2,049    | 3,981                    | 3,971    | 3,962    |
| 1,2      | 3,937                   | 3,892    | 3,847    | 2,044                    | 2,074    | 2,104    | 3,961                    | 3,941    | 3,921    |
| 1,4      | 3,881                   | 3,796    | 3,707    | 2,083                    | 2,140    | 2,199    | 3,926                    | 3,888    | 3,849    |
| 1,6      | 3,793                   | 3,640    | 3,477    | 2,144                    | 2,246    | 2,356    | 3,872                    | 3,804    | 3,730    |
| 1,8      | 3,660                   | 3,396    | 3,101    | 2,237                    | 2,414    | 2,612    | 3,791                    | 3,671    | 3,538    |
| 2,0      | 3,462                   | 3,012    | 2,474    | 2,376                    | 2,679    | 3,042    | 3,670                    | 3,465    | 3,220    |
| 2,2      | 3,169                   | 2,396    | 1,309    | 2,583                    | 3,107    | 3,811    | 3,492                    | 3,136    | 2,658    |
| 2,4      | 2,731                   | 1,345    | -0,923   | 2,894                    | 3,841    | 5,392    | 3,228                    | 2,581    | 1,521    |
| 2,6      | 2,056                   | -0,669   | -7,448   | 3,378                    | 5,259    | 9,937    | 2,827                    | 1,528    | -1,701   |
| 2,8      | 0,952                   | -5,692   | -11,839  | 4,178                    | 8,819    | 87,534   | 2,178                    | -1,063   | -56,028  |
| 3,0      | -1,067                  | -35,771  | 24,999   | 5,657                    | 30,259   | -12,822  | 1,007                    | -16,435  | 14,107   |
| 3,2      | -5,689                  | 35,939   | 15,343   | 9,080                    | -20,978  | -6,106   | -1,638                   | 20,066   | 9,328    |
| 3,4      | -25,577                 | 17,682   | 12,453   | 23,930                   | -7,986   | -4,128   | -12,871                  | 10,694   | 7,846    |
| 3,6      | 57,033                  | 13,493   | 11,044   | -38,088                  | -5,064   | -3,207   | 33,533                   | 8,489    | 7,080    |
| 3,8      | 20,785                  | 11,600   | 10,226   | -10,975                  | -3,828   | -2,706   | 13,050                   | 7,463    | 6,584    |
| 4,0      | 14,871                  | 10,617   | 9,676    | -6,633                   | -3,173   | -2,408   | 9,636                    | 6,822    | 6,199    |
| 4,2      | 12,434                  | 9,937    | 9,271    | -4,919                   | -2,794   | -2,229   | 8,149                    | 6,342    | 5,850    |
| 4,4      | 11,084                  | 9,442    | 8,952    | -4,043                   | -2,568   | -2,130   | 7,250                    | 5,927    | 5,534    |
| 4,6      | 10,218                  | 9,050    | 8,678    | -3,552                   | -2,445   | -2,089   | 6,592                    | 5,536    | 5,195    |
| 4,8      | 9,566                   | 8,713    | 8,434    | -3,266                   | -2,391   | -2,097   | 6,023                    | 5,123    | 4,824    |
| 5,0      | 9,051                   | 8,416    | 8,195    | -3,119                   | -2,402   | -2,150   | 5,483                    | 4,682    | 4,400    |
| 5,2      | 9,045                   | 8,308    | 8,106    | -3,218                   | -2,608   | -2,250   | 5,220                    | 4,321    | 4,106    |
| 5,4      | 9,036                   | 8,162    | 7,898    | -3,316                   | -2,728   | -2,509   | 5,068                    | 4,100    | 3,772    |
| 5,6      | 7,772                   | 7,487    | 7,383    | -3,422                   | -2,795   | -2,621   | 3,595                    | 2,832    | 2,546    |
| 5,8      | 7,331                   | 7,127    | 7,052    | -3,504                   | -3,092   | -2,932   | 2,726                    | 1,901    | 1,572    |
| 6,0      | 6,844                   | 6,701    | 6,646    | -3,882                   | -3,515   | -3,363   | 1,675                    | 0,671    | 0,293    |
| 6,2      | 6,258                   | 6,177    | 6,136    | -4,612                   | -4,151   | -4,027   | 0,159                    | -0,991   | -1,481   |
| 6,4      | 5,497                   | 5,466    | 5,452    | -5,373                   | -5,146   | -5,049   | -1,936                   | -3,456   | -4,826   |

როდესაც მასის მდებარეობის ფარდობითი აბსცისა  $\xi_p > 0,5$ ,  $\Delta(\alpha, \xi_p)$ ,  $\lambda(\alpha, \xi_p)$  და  $\gamma(\alpha, \xi_p)$  ფუნქციებს შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულებები:



$$\Delta(\alpha, \xi_p) = \gamma[\alpha(1 - \xi_p)], \quad \gamma(\alpha, \xi_p) = \Delta[\alpha(1 - \xi_p)], \quad \lambda(\alpha, \xi_p) = \lambda[\alpha(1 - \xi_p)].$$

ჩვენ მიერ გამოთვლილ იქნა  $\Delta(\alpha, \xi_p)$ ,  $\lambda(\alpha, \xi_p)$  და  $\gamma(\alpha, \xi_p)$  ფუნქციების სიდიდეები. ფარდობითი აბსცისის  $\xi_p = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$  მნიშვნელობებისათვის, როდესაც  $\alpha$  იცვლება 0-დან 6,4-რადიანამდე, ხოლო შეყურსული მასის შეფარდება ღეროს მასასთან  $\eta$  ტოლია 1, 2, 3. გამოთვლის შედეგები მოცემულია თანდართულ ცხრილებში.



ნახ. 2

მაგალითი: გამოვითვალოთ არასიმეტრული ორმალიანი რკინა-ბეტონის კოქის საკუთარი რხევის სიხშირე (ნახ. 2), კოქს მალეებში აქვს შეყურსული მასები  $m_1 = 2m_0 l_1$  და  $m_2 = 3m_0 l_2$ .

კოქის ერთეული სიგრძის მასა  $m_0 = 48 \frac{\text{კგ. სეკ}^2}{\text{მ}^2}$  კოქის სიხისტე

$$EI = 42,3 \times 10^6 \text{ კგ. მ}^2.$$

ცხრილი 4

$$\xi_p = 0,5$$

| $\alpha$ | $\Delta(\alpha, \xi_p) = \gamma(\alpha, \xi_p)$ |            |            | $\lambda(\alpha, \xi_p)$ |            |            |
|----------|---|------------|------------|--------------------------|------------|------------|
|          | $\eta = 1$                                      | $\eta = 2$ | $\eta = 3$ | $\eta = 1$               | $\eta = 2$ | $\eta = 3$ |
| 0,0      | 4,000   | 4,000      | 4,000      | 2,000                    | 2,000      | 2,000      |
| 0,5      | 3,998   | 3,997      | 3,996      | 2,004                    | 2,004      | 2,004      |
| 1,0      | 3,975   | 3,959      | 3,942      | 2,023                    | 2,039      | 2,055      |
| 1,2      | 3,947   | 3,914      | 3,879      | 2,048                    | 2,082      | 2,117      |
| 1,4      | 3,901   | 3,836      | 3,768      | 2,090                    | 2,155      | 2,222      |
| 1,6      | 3,828   | 3,710      | 3,584      | 2,157                    | 2,274      | 2,401      |
| 1,8      | 3,716   | 3,511      | 3,278      | 2,259                    | 2,464      | 2,697      |
| 2,0      | 3,549   | 3,193      | 2,756      | 2,412                    | 2,768      | 3,205      |
| 2,2      | 3,300   | 2,672      | 1,784      | 2,644                    | 3,272      | 4,160      |
| 2,4      | 2,923   | 1,746      | -0,404     | 2,997                    | 4,173      | 6,323      |
| 2,6      | 2,329   | -0,185     | -8,804     | 3,563                    | 6,080      | 14,708     |
| 2,8      | 1,319   | -6,119     | -45,601    | 4,533                    | 11,973     | -39,763    |
| 3,0      | -0,660  | -3082,4    | 14,332     | 6,463                    | -3076,2    | -8,527     |
| 3,2      | -6,044  | 17,638     | 10,619     | 11,788                   | -11,894    | -4,875     |
| 3,4      | -68,638   | 11,763     | 9,178      | 74,312                   | -6,092     | -3,507     |
| 3,6      | 23,143  | 9,791      | 8,400      | -17,560                  | -4,207     | -2,818     |
| 3,8      | 13,545  | 8,780      | 7,898      | -8,068                   | -3,304     | -2,420     |
| 4,0      | 10,746  | 8,149      | 7,526      | -5,394                   | -2,798     | -2,176     |
| 4,2      | 9,376   | 7,693      | 7,224      | -4,176                   | -2,492     | -2,026     |
| 4,4      | 8,386   | 7,223      | 6,869      | -3,382                   | -2,220     | -1,867     |
| 4,6      | 7,922   | 6,999      | 6,709      | -3,115                   | -2,193     | -1,897     |
| 4,8      | 8,434   | 6,694      | 6,439      | -2,880                   | -2,141     | -1,890     |
| 5,0      | 7,003   | 6,389      | 6,175      | -2,750                   | -2,137     | -1,922     |
| 5,2      | 6,946   | 6,342      | 6,098      | -2,736                   | -2,198     | -2,004     |
| 5,4      | 6,809   | 6,298      | 6,007      | -2,856                   | -2,369     | -2,164     |
| 5,6      | 5,717   | 5,479      | 5,156      | -2,755                   | -2,408     | -2,149     |
| 5,8      | 5,219   | 4,842      | 4,697      | -2,930                   | -2,553     | -2,409     |
| 6,0      | 3,337   | 4,298      | 4,162      | -2,264                   | -1,801     | -2,664     |
| 6,2      | 3,982   | 3,634      | 3,504      | -3,484                   | -3,138     | -3,012     |
| 6,4      | 3,146   | 2,785      | 2,634      | -3,818                   | -3,498     | -3,371     |

კიდურა მომენტების გამოსახულებას ექნება სახე

$$M_{01} = i_1 [\Delta (\alpha_1, \xi_1) \beta_0 + \lambda (\alpha_1 \xi_1) \beta_1],$$

$$M_{10} = i_1 [\gamma (\alpha_1 \xi_1) \beta_1 + \lambda (\alpha_1 \xi_1) \beta_0],$$

$$M_{12} = i_2 [\gamma [\alpha_2, (1 - \xi_2)] \beta_1 + \lambda [\alpha_2, (1 - \xi_2)] \beta_2],$$

$$M_{21} = i_2 [\Delta [\alpha_2, (1 - \xi_2)] \beta_2 + \lambda [\alpha_2, (1 - \xi_2)] \beta_1].$$

$$M_{01} = M_{21} = 0$$

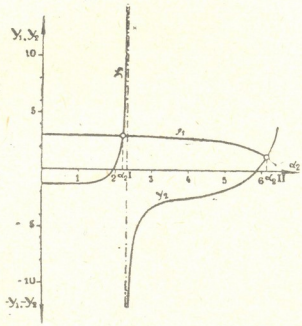
და

$$\beta_0 = -\frac{\lambda (\alpha_1, \xi_1)}{\Delta (\alpha_1, \xi_1)} \beta_1, \quad \beta_2 = -\frac{\lambda [\alpha_2, (1 - \xi_2)]}{\Delta [\alpha_2, (1 - \xi_2)]} \beta_1.$$

თუ  $M_{10}$  და  $M_{12}$  გამოსახულებებში შევიტანთ  $\beta_0$  და  $\beta_2$ -ს მნიშვნელობებს და დავაკმაყოფილებთ 1 კვანძში მომენტების წონასწორობის პირობას, მაშინ საკუთარი რბევის სიხშირის განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\gamma (\alpha_1 \xi_1) - \frac{\lambda^2 (\alpha_1, \xi_1)}{\Delta (\alpha_1, \xi_1)} + \frac{l_1}{l_2} \left[ \gamma [\alpha_2, (1 - \xi_2)] - \frac{\lambda^2 [\alpha_2, (1 - \xi_2)]}{\Delta [\alpha_2, (1 - \xi_2)]} \right] = 0.$$

ამ განტოლების გრაფიკული გადაწყვეტა მოყვანილია მც-3-ე ნახაზზე.



ნახ. 3

$$Y_1 = \gamma (\alpha_1, \xi_1) - \frac{\lambda^2 (\alpha_1, \xi_1)}{\Delta (\alpha_1, \xi_1)}$$

და

$$Y_2 = \gamma (\alpha_1, \xi_1) - \frac{l_1}{l_2} \left[ \gamma [\alpha_2, (1 - \xi_2)] - \frac{\lambda^2 [\alpha_2, (1 - \xi_2)]}{\Delta [\alpha_2, (1 - \xi_2)]} \right].$$



მრუდების გადაკვეთის წერტილების აბსცისები წარმოადგენენ  $\alpha$ -ს საძიებელ მნიშვნელობებს. გრაფიკის მიხედვით

$$\alpha_1^I = 2,187$$

და

$$\alpha_1^{II} = 6,156.$$

პირველი და მეორე ტონისათვის რხევათა რიცხვი სექუნდში იქნება

$$n^I = \frac{\alpha_1^2}{2\pi \cdot l_2^2} \sqrt{\frac{EI}{m_0}} = \frac{2,187^2}{6,28 \cdot 7,5^2} \sqrt{\frac{42,3 \times 10^6}{48}} = 12,7 \frac{1}{\text{სექ}},$$

და

$$n^{II} = \frac{6,156^2}{6,28 \cdot 7,5^2} \sqrt{\frac{42,3 \times 10^6}{48}} = 101,0 \frac{1}{\text{სექ}}.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 14.2.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

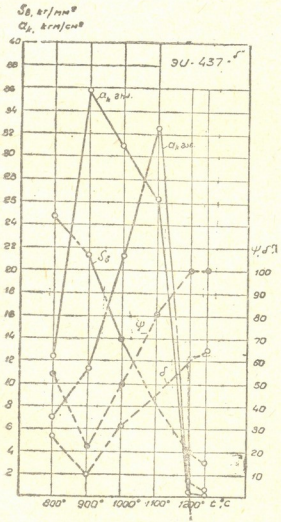
1. А. Л. Белоус. Метод деформации в динамике рамных конструкций. Исследование по теории сооружений, № 3. Госстройиздат, 1939.
2. А. Н. Крылов. Собрание сочинений, т. X, 1948.

მეტალურგია

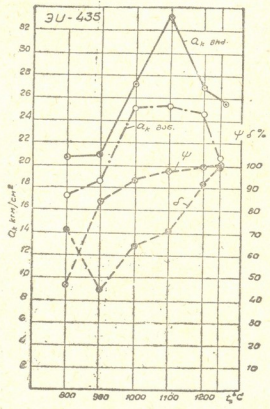
მ. ბაბაშვილი, ი. ტარნოვსკი და ზ. ხსინი  
მხურვალმტკიცე, უშანგავი ფოლადებისა და  
შენადნობების პლასტიკურობა მაღალი  
ტემპერატურისას

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ფ. თავაქემ 21.3.1961)

მხურვალმტკიცე და უშანგავი ფოლადებისა და შენადნობების პლასტიკურობის გამოკვლევა წარმოადგენს დიდ პრაქტიკულ ინტერესს, რადგან თანამედროვე ტექნიკა სულ უფრო და უფრო იყენებს მხურვალმტკიცე და უშანგავ ფოლადებსა და შენადნობებს, რომელთა უმეტესობა გადიან ცხლად დამუშავებას.



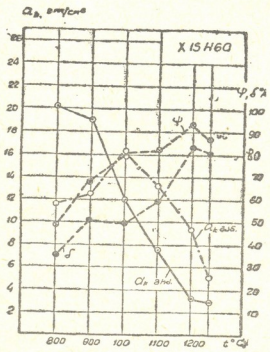
ნახ. 1. მექანიკური თვისებების ცვლადობა ტემპერატურისაგან დამოკიდებით



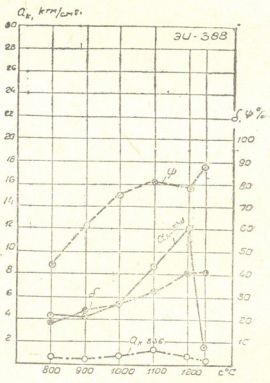
ნახ. 2. მექანიკური თვისებების ცვლადობა ტემპერატურისაგან დამოკიდებით

სადეფორმირებელი ლითონის ცხლად წნეებით დამუშავების რაციონალური ტექნოლოგიური რეჟიმის დადგენა შეუძლებელია, თუ არაა ცნობილი მონაცემები ამ ლითონის მექანიკური თვისებების, კერძოდ, პლასტიკურობის შესახებ. ეს მონაცემები საჭიროა აგრეთვე დამუშავების ოპტიმალური ტემპერატურული ინტერვალის დასადგენად.

ლითონის პლასტიკურობის შესახებ მსჯელობისათვის ჩვეულებრივად სარგებლობენ ე. წ. „პლასტიკურობის მაჩვენებლებით“: ფარდობითი წაგრძელების, შევიწროებისა და დარტყვითი სიბლანტის სახით ტემპერატურისაგან დამოკიდებით. აუცილებელია მხედველობაში ვიქონიოთ, რომ პლასტიკურობის მაჩვენებლებს, მიღებულს ლაბორატორიულ პირობებში, აქვთ არა აბსოლუტური, არამედ ფარდობითი (შედარებითი) მნიშვნელობა და რომ ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც მოქმედებენ მათზე, არიან: ქიმიური შემადგენლობა, სტრუქტურა, დეფორმაციის ტემპერატურისა და სიჩქარის პირობები, დაძაბული მდგომარეობის სქემა.



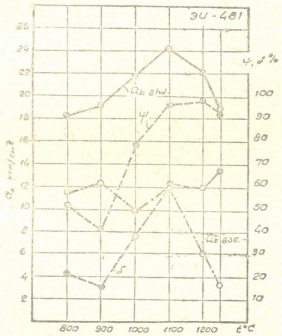
ნახ. 3. მექანიკური თვისებების ცვლილება ტემპერატურისაგან დამოკიდებით



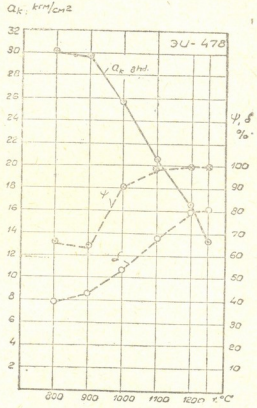
ნახ. 4. მექანიკური თვისებების ცვლილება ტემპერატურისაგან დამოკიდებით

ქიმიური შემადგენლობის გავლენა პლასტიკურობაზე განსაკუთრებით ნათლად ვლინდება მზურვალმტყიცე და უჟანგავი ფოლადებისა და შენადნობების მაღალ ტემპერატურებზე დეფორმირებისას. მალევირებელი ელემენტების არსებობა იწვევს სხვადასხვა პლასტიკურობის მაჩვენებლების მიღებას, რაც გამოწვეულია γ-მყარი ხსნარის არეზე მათი (ე. ი. მალევირებელი ელმ-

მენტების) მოქმედების სხვადასხვაობით. აუსტენიტ-ფერიტული ორფაზიანი სტრუქტურის წარმოქმნა ამცირებს პლასტიკურობას. პლასტიკურობის მაჩვენებლების შემცირებას ადგილი აქვს მაღალნახშირბადიან ლეგირებულ ფოლადებში ძნელად ხსნადი კარბიდების წარმოშობის დროს. ამავე მიმართულებით მოქმედებენ აგრეთვე სხვა დანარჩენი მყარი ფაზები, რომელნიც გაზოირჩევიან მაღალი სისაღით. ეს უქანასკნელნი წარმოიშეებიან მაღალ ლეგირებულ ფოლადებსა და შენადნობში. არასასურველ შედეგებს იწვევს ფოლადებში აირებისა და სხვადასხვა მავნე მინარევების არსებობა. ლითონის პლასტიკურობაზე დიდ გავლენას ახდენს კრისტალთშორისი ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.



ნახ. 5. შექანიკური თვისებების ცვლილება ტემპერატურისაგან დამოკიდებით



ნახ. 6. შექანიკური თვისებების ცვლილება ტემპერატურისაგან დამოკიდებით

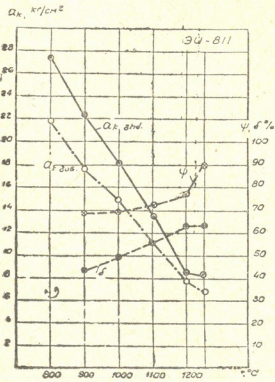
მოცემული შემადგენლობის მქონე ფოლადისა და შენადნობის პლასტიკურობაზე ძალზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დეფორმაციის ტემპერატურა და სიჩქარე. არსებობს აზრი იმის შესახებ, რომ ტემპერატურის ზრდით სადეფორმირებელი ლითონის პლასტიკურობა იზრდება, მაგრამ ეს უქანასკნელი ყოველთვის როდი მტკიცდება ცდებით. რაც შეეხება დეფორმაციის სიჩქარის გავლენას პლასტიკურობაზე, უნდა აღინიშნოს, რომ ეს საკითხი ამჟამად სრულიად არასაკმარისადაა შესწავლილი.



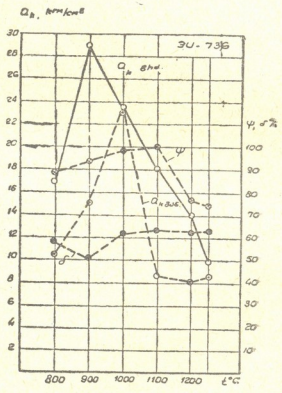


ლითონის პლასტიკურობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული დამაბულო მდგომარეობის სქემაზე. როგორც ცნობილია, დამაბულობის გარკვეული სქემისას ჩვეულებრივად მყიდვე სხეულებსაც კი შეუძლიათ გამოავლინონ მიღრეკილება პლასტიკური დეფორმაციისადმი. ამ მიმართულებით საინტერესო ცდები იქნა ჩატარებული ტ. კარმანის [1], ს. გუბკინისა [2] და სხვათა მიერ.

ამ შრომაში მხურვალმტკიცე და უჟანგავი ფოლადებისა და შენადნობის (ЭИ 437 Б, ЭИ 435, X15 Н 60, ЭИ 388, ЭИ 481, ЭИ 478, ЭИ 811 და ЭИ 736) პლასტიკურობის მახასიათებლების განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა გაჭიმვაზე და დარტყმით სიბლანტეზე გამოცდის ჩვეულებრივი მეთოდები. ასეთი ცდების მეთოდიკა დაწვრილებით განხილულია [3]-ში.



ნახ. 7. მექანიკური თვისებების ცვლილება ტემპერატურისაგან დამოკიდებით



ნახ. 8. მექანიკური თვისებების ცვლილება ტემპერატურისაგან დამოკიდებით

გაჭიმვაზე გამოცდის მეთოდი მეტად ხელსაყრელია, კარგადაა შესწავლილი და საშუალებას იძლევა ერთდროულად მივიღოთ როგორც სიმტკიცის (დენადლობის ზღვარი, სიმტკიცის ზღვარი), ასევე პლასტიკურობის მაჩვენებლები (ფარდობითი შევიწროება და წაგრძელება). უნდა აღინიშნოს, რომ, მიუხედავად პლასტიკურობის მაჩვენებლების მნიშვნელოვანი დამოკიდებულებისა, დამაბულო მდგომარეობის სქემიდან და შესაბამისად—ლითონების წნევიით დამუშავების სხვადასხვა პროცესების კონკრეტული პირობებიდან, ხა-

ზობრივი გაჭიმვისას მიღებული ცდის მონაცემები შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული როგორც ფარდობითი (შედარებითი) პლასტიკურობის განსაზღვრისათვის, ასევე სხვადასხვა ფოლადებისა და შენადნობის დამუშავების ოპტიმალური ტემპერატურული ინტერვალის დასადგენად.

გაჭიმვასა და დარტყმით სიზღანტზე ექსპერიმენტები (ტემპერატურულ ზღვრებში 800—1250°) ჩატარებულ იქნა ხუტონიან ჰიდრაულიკურ წნეხზე, რომლის მომჭერების გადაადგილების სიჩქარე მუდმივი იყო და უდრიდა 0,33 მმ/სეკ და ქანქარა ურნალზე მუშაობის წარავით 30 კგმ.

ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე აგებულ იქნა პლასტიკურობის მაჩვენებლებისა (ბ, პ) და დარტყმითი სიზღანტის მრუდები (ნახ 1—8).

### პლასტიკურობის მაჩვენებლების მრუდთა ანალიზი

ფარდობითი შევიწროების ცვლელადობის ხასიათის მიხედვით ცეცხლ-გამძლე და უქანგავი ფოლადებისა და შენადნობის განსახილველი ჯგუფი შეიძლება დაყოს სამ ქვეჯგუფად:  $\exists H$  388,  $\exists H$  435 და X 15 H 60 მარკის ფოლადებისა და შენადნობისათვის ტემპერატურულ ინტერვალში (800—1100°) შეიმჩნეოდა მაჩვენებლის ინტენსიური ზრდა, ამასთან მარკისათვის  $\exists H$  435 იგი უახლოვდება ზღვრულ მდგომარეობას, რომელიც უდრის 98%-ს.

$\exists H$  736 და  $\exists H$  811 ფოლადებისათვის ფარდობითი შევიწროების ცვლილება სხვა სახით მიმდინარეობს. კერძოდ, პლასტიკურობის მაჩვენებელი უმნიშვნელოდ იზრდება, რაც აიხსნება შენელებული რეკრისტალიზაციით, რომელიც გამოწვეულია აღნიშნული ფოლადების რთული ქიმიური შედგენილობით.

ამ ფოლადების განმსხვავებელი თავისებურება დანარჩენ მხურვალბტიკე და უქანგავი ფოლადებისა და შენადნობებისაგან შედარებით მდგომარეობს იმაში, რომ 800° ტემპერატურაზე მათ აქვთ ფარდობითი შევიწროების მაღალი მაჩვენებლები.  $\exists H$  736 მარკის ფოლადისათვის იგი შეადგენს დაახლოებით 90%-ს, ხოლო  $\exists H$  811-თვის—70%-ს. ფოლადი  $\exists H$  736-ის 1100° ტემპერატურაზე  $\psi$  მაჩვენებლის მკვეთრი შემცირება აიხსნება სტრუქტურული გარდაქმნებით, ორფაზიანი აღნაგობითა და მარცვლის ზრდით.

განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს ფოლადებისა და შენადნობების მესამე ქვეჯგუფი:  $\exists H$  437 B,  $\exists H$  481 და  $\exists H$  478. მათ დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს 800—900° ტემპერატურულ ინტერვალში „ჩაყარდნის“ არსებობა, ფარდობითი შევიწროების  $\psi$  შენელონი ზრდით ზღვრულ მნიშვნელობამდე. „ჩაყარდნის“ მოვლენის მიზეზად უნდა ჩაითვალოს რეკრისტალიზაციის პროცესის მიმდინარეობის ნელი სიჩქარე.

ზემოთ ჩამოთვლილი ფოლადები და შენადნობები ფარდობითი წაგრძელების (ბ) მაჩვენებლის (ტემპერატურებში 800—1200°) ცვლილებების მიხედვით შეიძლება დაყოფილ იქნეს ორ ქვეჯგუფად:

ა) პირველი ქვეჯგუფის მარკებისათვის (ЭИ 388, ЭИ 811, X 15 H 60 და სხვ.) დამახასიათებელია მაჩვენებლის მონოტონური ზრდა ტემპერატურის მომატების შესაბამისად;

ბ) მეორე ქვეჯგუფის მარკებისათვის (ЭИ 435, ЭИ 437 Б და სხვ.) 900° ახლო ტემპერატურასთან შეიმჩნევა ფარდობითი წაგრძელების შემცირება, ხოლო ტემპერატურის შემდგომი ზრდისას მ კვლავ იზრდება.

აუსტენიტური ფოლადები ЭИ 388, ЭИ 481 და შენადნობი ЭИ 437 Б ხასიათდებიან ფარდობითი წაგრძელების ( $\delta_{max} = 40-65\%$ ) დაბალი აბსოლუტური მნიშვნელობით. შედარებით მცირე მნიშვნელობა მ<sub>2</sub> მაჩვენებლისა (63%) აქვს ორფაზიან მარტენსიტულ-ფერიტულ ფოლადს ЭИ 736.

ЭИ 435, ЭИ 736, ЭИ 437 Б და ЭИ 481 მარკის ფოლადებისა და შენადნობისათვის „ჩაყარდნის“ მოვლენის არსებობა შეიძლება გამოწვეულ იქნეს ბევრი მიზეზით, რომელთაც მიეკუთვნება ЭИ 435, ЭИ 437 Б და ЭИ 481 ფოლადებისა და შენადნობისათვის რეკრისტალიზაციის მაღალი ტემპერატურა (850—950°), ხოლო ЭИ 736 ფოლადისათვის—მარტენსიტულ-ფერიტულ სტრუქტურის გარდაქმნა აუსტენიტურ-ფერიტულში.

მხურვალბტიცე და უქანგავი ფოლადებისა და შენადნობის დარტყმითი სიბლანტის მრუდების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ განივად და გრძივად ამოჭრილი ნიმუშების დარტყმითი სიბლანტის მაჩვენებლის  $a_k$  ცვლილების კანონზომიერებანი ძირითადად ანალოგიურია. ამასთან, როგორც წესი, გრძივი ნიმუშების  $a_k$  სიდიდე გამოსაკვლევ ტემპერატურულ დიაპაზონში მეტია განივი ნიმუშების  $a_k$  მნიშვნელობაზე. გამოჩაქისს შეადგენს შენადნობი X 15 H 60, რომლისთვისაც 1000° ტემპერატურაზე გრძივი ნიმუშების  $a_k$  სიდიდე ნაკლებია განივი ნიმუშების შესაბამის სიდიდესზე.

განხილული ჯგუფების ფოლადებისა და შენადნობის დარტყმითი სიბლანტის მრუდების ცვლილებათა კანონზომიერება მრავალნაირია, მაგრამ ისინი სავსებით თავსდებიან დარტყმითი სიბლანტის ტემპერატურასთან დამოკიდებულების განზოგადებულ სქემებში [3].

საქარხნო პრაქტიკით დადგენილ ცხლად დეფორმირებისათვის საჭირო ტემპერატურები ადასტურებენ მიღებული მონაცემებისა და პრაქტიკული რეკომენდაციების სისწორეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

მეტალურგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 21.3.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. T. Karman. Festigkeitsversuche unter allseitigen Druck. Mitteilungen über Forschungs arbeiten auf dem Gebiete der Ingenieurwissenschaften, H. 118, 1912.
2. С. И. Губкин. Пластическая деформация металлов, т. II, Металлургиядат, 1960.
3. И. Я. Тарновский, А. А. Поздеев, Л. В. Меандров, Г. А. Хасин. Механические свойства стали при горячей обработке давлением. Металлургиядат, 1960.



0. ჯანჯღაშა

## კაპიტალური თარაზული გვირაბებისათვის რაციონალური ტიპის სამაგრის არჩევის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ძიძიგურმა 22.1.1961)

ქვანახშირისა და მადნის მომპოვებელ საწარმოთა მშენებლობის დაგეგმარებისას კაპიტალური გვირაბებისათვის (შტოლნები, კვერშლაგები, მალაროს ეზოს გვირაბები) რაციონალური ტიპის სამაგრის არჩევა ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანეს საკითხთაგანია.

ამ საკითხზე მრავალრიცხოვანი ლიტერატურა არსებობს, მაგრამ ამის მიუხედავად იგი არ შეიძლება გადაჭრილად ჩაითვალოს; ამიტომ კაპიტალური გვირაბებისათვის სამაგრის არჩევა ხშირად განისაზღვრება არა სამთო-ტექნიკური პირობებით, არამედ მოცემული ობიექტის ამა თუ იმ მასალით მომარაგებისაგან გამომდინარე ვიწრო კონიუნქტურული მოსაზრებებით. ეს, რა თქმა უნდა, ზიანს აყენებს სახალხო მეურნეობის ისეთ დარგს, როგორცაა სამთა-მადნო მრეწველობა.

კაპიტალური გვირაბების გამაგრებისათვის შეხატებსა და მალარობზე ამჟამად იყენებენ სხვადასხვა სახის სამაგრ მასალებსა და კონსტრუქციებს. ყველაზე გავრცელებულია კაპიტალური გვირაბების გამაგრება ე. წ. მონოლითური ბეტონითა და რკინა-ბეტონით. უკანასკნელ ხანებში გავრცელება პოვა რკინა-ბეტონის ასაწყობმა სამაგრმა. გარკვეული გავრცელება აქვს კაპიტალურ გვირაბებში ლითონის სამაგრს. ზოგან კი კაპიტალური გვირაბების გასამაგრებლად იყენებენ ამ მიზნისათვის აშკარად შეუფერებელ ხის ტრაბეციულ ჩარჩოებსაც.

რაციონალური ტიპის სამაგრის არჩევისათვის ამა თუ იმ პირობებში გათვალისწინებული უნდა იქნეს შემდეგი ობიექტური ფაქტორები: სამაგრის ელემენტების ამტანუნარიანობა; სამაგრის დადგმის შრომატევადობა; სამაგრის აეროდინამიკური წინააღმდეგობა; სამაგრის სისქესთან დაკავშირებული სამთო სამუშაოთა მოცულობა; ეკონომიური მაჩვენებლები.

ვინაიდან მიწისქვეშა პირობებში მუშაობისას ყოველთვის მოსალოდნელია სამაგრის ელემენტებში მღუნავი მომენტის წარმოქმნა, ამ ელემენტთა ამტანუნარიანობის შეფასებისას სწორედ ეს მაჩვენებელი (მღუნავი მომენტი) უნდა იქნეს პირველ რიგში გათვალისწინებული.

არსებობს სამი სხვადასხვა დალსაზრისი ამ მაჩვენებლების მიხედვით სამაგრი ელემენტის შეფასების კრიტერიუმის შესახებ: 1. შეფასება ვერტიკალური ღუნვის გათვალისწინებით (ეკონომიურობის კრიტერიუმში); 2. შეფა-



სება ირიბი ლუნვის გათვალისწინებით; 3. შეფასება ლუნვის ბრტყელი ფორმის სიმდგრადის მიხედვით.

კაპიტალური გვირაბებისათვის, სადაც ფაქტობრივ არა გვაქვს წმენდითი სანგრევეების გავლენა და მაშასადამე, ქანების ინტენსიური ნოძრიაობა თარაზული მიმართულებით, რამდენადმე საგრძნობ ირიბ ლუნვას არ უნდა მოველოდეთ. გარდა ამისა, როგორც ავტორის მიერ ჩატარებულმა სპეციალურმა კვლევამ გვიჩვენა [1], ირიბი ძალების არსებობის შემთხვევაშიც კი ამ ძალების დახრის კუთხის მაქსიმალურად შესაძლებელ ფარგლებში ( $0^\circ - 30^\circ$ ) ირიბი ლუნვის ჰიპოთეზიდან გამომდინარე კრიტერიუმის<sup>1</sup> გამოყენება სამაგრი ელემენტის შესაფასებლად საფუძველს მოკლებულია. ავტორის იმავე კვლევის მეოხებით დაუსაბუთებელი აღმოჩნდა ლუნვის ბრტყელი ფორმის სიმდგრადის მიხედვით შეფასების საჭიროებაც, რადგან, როგორც შემოწმებამ გვიჩვენა, სამაგრისათვის რეალურად გამოყენებული ორტესებრი ლითონის კოპების პროფილებისათვის (№ 10-დან № 27-მდე)  $\sigma_{\text{სფგ.}}$  (ლუნვის ბრტყელი ფორმის სიმდგრადის მიხედვით დასაშვები კრიტიკული ჰინვა<sup>2</sup> ზარაგის კოეფიციენტის გათვალისწინებით) გაცილებით უფრო მაღალია, ვიდრე  $\sigma_{\text{ფ}}$  (ფოლადისათვის დასაშვები ჰინვა გაკიშვაზე).

ამის გამო სამაგრის ელემენტების შეფასებისათვის ეღებულობთ ე. წ. ეკონომიურობის კრიტერიუმს

$$\eta_x = \frac{M_x}{G},$$

სადაც  $M_x$  არის ელემენტის ზღვრული მღუნავი მომენტი მთავარი (X) ღერძის მიმართ;  $G$ —ელემენტის 1 გრძ. მეტრის წონა.

ამ კრიტერიუმის მიხედვით სხვადასხვა სახის სანაგრების შედარებამ გვიჩვენა, რომ ყველაზე მაღალი ეკონომიურობის მაჩვენებლები აქვთ ლითონის ორტესებრი პროფილს და ხეს, ხოლო რკინა-ბეტონის ასაწყობი ელემენტების არსებული კონსტრუქციები დაბალი ეკონომიურობით ხასიათდება. ეს განსაკუთრებით შეეხება YPII—1 ტიპის უღელს, რომლისთვისაც მარტო ლითონის ხარჯი 1 ტმ მღუნავ მომენტზე თითქმის ორჯერ მეტია I № 18-თან შედარებით და, გარდა ამისა, მოითხოვს დანატებით 220 კგ-ზე ბეტონს.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ, თუმცა ხე მაღალი ეკონომიურობის მაჩვენებლით ხასიათდება, მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ იგი შეიძლება რეკომენდებულ იქნეს კაპიტალური გვირაბის სანაგრად: მაღაროს ატმოსფეროს პირობებში ხე მალე კარგავს თავის ჰირველდაწყებით თვისებებს და გამოდის წყობილებიდან. მაგალითად, დონბასის ქვანახშირის შახტების პირობებში ხის სამაგრის სამსახურის ვადა დაახლოებით 1 წელიწადს შეადგენს, ხოლო ქიათურის კაპიტალურ გვირაბებში—დაახლოებით 2 წელიწადს. ცხადია, რომ

<sup>1</sup> ირიბი ლუნვის თვალსაზრისის მომხრეებს სამაგრი ელემენტის შეფასების თანგქტურ კრიტერიუმად მიანიხიათ ამ ელემენტის მღუნავ მომენტთა შეფარდება  $x$  და  $y$  ღერძების მიმართ. მათი აზრით, ეს შეფარდება რაც უფრო ახლოა 1-თან, მით უფრო უკეთესია ელემენტი

გვირაბის არსებობის დიდი ხანგრძლივობისას (20—30 წელწადი) ხის სამაგრის დადგმა მეტად არარაციონალური იქნება.

ამავე შედარებიდან ჩანს, რომ ლითონის პროფილებიდან ყველაზე უფრო ეკონომიურია ორტესებრი პროფილი. ნაკლებად ეკონომიური სპეცპროფილის უპირატესი გავრცელება ორტესებრთან შედარებით იმით უნდა აიხსნას, რომ ამ პროფილის დროს წარმატებით იჭრება ცალკეული ელემენტების დამთმობი შეერთების საკითხი, რასაც გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს წმინდითი სანგრეების გავლენის ზონაში მყოფი სამაგრისათვის. ეს იმას ნიშნავს, რომ უნდა ჩატარდეს კვლევა ორტესებრი პროფილისაგან დამთმობი სამაგრის შესაქმნელად. ერთ-ერთ გადაწყვეტად ამ მიმართულებით შეიძლება წამოყენებულ იქნეს ორტესებრი ელემენტების შეერთება ე. წ. ზედნადები ქუროს საშუალებით [1].

გამაგრების პროცესს გაყვანის ციკლში, როგორც დროის, ისე შრომატევადობის მიხედვით 25—30%-მდე უკავია. ამიტომ ცხადია, რომ სამაგრის ტიპის არჩევისას უნდა გავითვალისწინოთ მისი დაყენების შრომატევადობა.

ნორმატიული მასალების შედარება გვიჩვენებს, რომ სხვა სახის სამაგრებთან შედარებით რკინა-ბეტონის ასაწყობი კონსტრუქციების დაყენება მაღალი შრომატევადობით გამოირჩევა, რაც გამოწვეულია რკინა-ბეტონის სამაგრის ელემენტების დიდი წონით და ამ სამაგრის დადგმის ოპერაციითა დიდი რაოდენობით სხვა სახის სამაგრებთან შედარებით. მაგალითად, ძირითად ოპერაციითა რაოდენობა სხვადასხვა სახის სამაგრისათვის შემდეგია: ხის სამაგრი ჩარჩო—5, ლითონის კამარული სამაგრი—5, ასაწყობი რკინა-ბეტონის სამაგრი—7—8, მონოლითური ბეტონის თაღური სამაგრი—3.

მრავალრიცხოვანი ქრონომეტრაჟული მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სხვადასხვა სამაგრის დადგმისას ამ პროცესის მექანიზმის შესაძლო პროცენტი (მთელი სამუშაოს მოცულობასთან შედარებით) შემდეგია: ხის სამაგრი—60%; ლითონის სამაგრი—45%; რკინა-ბეტონის ასაწყობი სამაგრი—35—40%; ბეტონის სამაგრი—70%—100%.

ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ პირველი სამი ტიპის სამაგრისათვის რამდენადმე ეფექტური მექანიზმი ჯერჯერობით არ არსებობს, რაც ამ ტიპის სამაგრთა მიწისქვეშა პირობებში დადგმის სპეციფიკურობითაა გამოწვეული, ხოლო ბეტონის სამაგრის ამოყვანისათვის მრავალი სხვადასხვა სახის საკმაოდ ეფექტური მანქანა ცნობილი, რაც საშუალებას იძლევა წარმატებით განხორციელდეს ბეტონის სამაგრის მექანიზმული ამოყვანა (ბეტონის ტუმბოები, პნეიმატური ბეტონჩაწყობი, ტორკრეტ—მანქანა) [2].

ჰაერის კანალიზაციის ენერგიის ღირებულების თვალსაზრისით, რაც თავის მხრივ ძირითადად სამაგრის აეროდინამიკურ წინააღმდეგობაზეა დამოკიდებული, ყველაზე მიზანშეწონილია გლუვზედაპირიანი სამაგრი. მაგალითად, ბეტონისა და ქვის მთლიან სამაგრთან შედარებით ასაწყობი რკინა-ბეტონის სამაგრს (YPII—1 ტიპის) 2—3-ჯერ მეტი აეროდინამიკური წინააღმდეგობა აქვს. კაპიტალური გვირაბებისათვის, განსაკუთ-

რებით კი გაზიან შახტებში, ეს ფაქტორები საგრძნობ მნიშვნელობას ღებულობს. ამის საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ შედარება ბეტონის სამაგრსა და რკინა-ბეტონის ასაწყობ სამაგრს (YPII—1) შორის შემდეგ პირობებში: გვირაბის კვეთი—10 მ<sup>2</sup>; გვირაბის სამსახურის ვადა—50 წელი; გვირაბის სიგრძე—300 მ; გვირაბში გამავალი ჰაერის რაოდენობა—80 მ<sup>3</sup>/წმ 1 კვტ-ს; ელექტროენერგიის ღირებულება—1,0 კაბ.

ასეთ პირობებში გვირაბში ჰაერის კანალიზაციის ენერგიის ღირებულება შეადგენს: YPII—1 ტიპის სამაგრისათვის—9600) მანეთს, ბეტონის სამაგრისათვის—32250 მანეთს, ე. ი. ბეტონის გლუვი სამაგრის გამოყენება გვაძლევს ეკონომიას ელექტროენერგიაზე 60000 მანეთზე მეტი რაოდენობით. გარდა ამისა, ანგარიშში მისაღებია ისიც, რომ ბეტონით გამაგრებისას განიავების დანადგარებზე გაწეული კაპიტალური დანახარჯები და მომსახურების ხარჯები ნაკლები იქნება, ვიდრე YPII—I სამაგრისას.

ამასთან ჰაერის კანალიზაციის ღირებულების ხვედრითი წონა გვირაბების გამაგრებასთან დაკავშირებულ საერთო პირდაპირ ხარჯებში შეადგენს YPII—1 ტიპის სამაგრისათვის დაახლოებით 75%-ს, ხოლო ბეტონის სამაგრისათვის—60%-ს.

სამაგრის სისქე განსაზღვრავს გვირაბის გაყვანისას ქანის მონგრევის საშუალოთა მოცულობას. 1 ცხრილში მოყვანილია გვირაბის 1.გრძ. მეტრზე მოსანგრევი ქანის მოცულობა ( $\Delta V_{აკ} = \Delta V_{გვ} - V_{სიფ}$ ), დაკავშირებული სამაგრის სისქესთან, სხვადასხვა სახის სამაგრისათვის. ორლიანდაგიანი გვირაბისათვის კვეთის ფართით 9 კვ. მ, როგორც ცხრილიდან ჩანს, ეს მოცულობა შეადგენს მთელი მონგრეული ქანის 18--26%-ს. სსრკ ქვანახშირის მშენებარე შახტებზე ჩატარებული სპეციალური გაზომვებისას მიღებული მასალების დამუშავებით გამოიჩინა, რომ ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოებით გვირაბების გაყვანისას ფაქტობრივი სხვაობა  $\Delta V_{გვ} = V_{გვ} - V_{სიფ}$  გაცილებით მეტია საპროექტოზე და შეადგენს მთელი მონგრეული ქანის 28--38%-ს. ეს განსხვავება 1 ცხრილში გამოსახულია კოეფიციენტი

$$\eta_v = \frac{\Delta V_{გვ}}{\Delta V_{აკ}}$$

ცხრილი 1

| მაჩვენებლები                                   | სამაგრის სახეები |                |        |                  |
|--|------------------|----------------|--------|------------------|
|  | ბის ტრაპეციული   | ლითონის თაღური | YPII—I | ბეტონის კამარული |
| $\Delta V_{აკ}$ მ <sup>3</sup>                 | 3,2              | 2,45           | 2,05   | 3,0              |
| $\Delta V_{გვ}$ მ <sup>3</sup>                 | 5,45             | 3,5            | 4,1    | 4,8              |
| $\eta_v = \frac{\Delta V_{გვ}}{\Delta V_{აკ}}$ | 1,7              | 1,4            | 2,0    | 1,6              |



ამასთან, როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, სამაგრის სისქე პრაქტიკულად კარგავს თავის მნიშვნელობას და გადამწყვეტ როლს ასრულებს გვირაბის ფორმა. სახელდობრ, დამახასიათებელია, რომ პოლიგონალური ფორმის დროს კოეფიციენტი  $\eta_{\phi}$  -ს მნიშვნელობა მაქსიმალურია და აღწევს 2-ს.

სამაგრის ეკონომიური შეფასება შესაძლებელია ყველა ზემომოყვანილი ფაქტორის გათვალისწინებით. ანგარიში გვიჩვენებს, რომ კაპიტალური გვირაბებისათვის ეკონომიურად ყველაზე ხელსაყრელია ბეტონის სამაგრი, ხოლო ყველაზე ძვირი — ხის სამაგრი (შენახვის ხარჯების გათვალისწინებით).

აღნიშნულის გარდა, ბეტონის სამაგრის ღირსება ისიც არის, რომ იგი წარმოადგენს არა მარტო ამტან კონსტრუქციას, არამედ ქანების იზოლატორსაც, რაც ამცირებს ამ უკანასკნელთა გამოფიტვას და, მაშასადამე, სამთო წნევის სიდიდესაც.

სამაგრისათვის დამახასიათებელი ეკონომიური მაჩვენებელია დეფიციტური მასალების ხარჯი სხვადასხვა სახის სამაგრისათვის. საინტერესოა შემდეგი შედარებითი ციფრები გვირაბებისათვის კვეთით  $S_{\text{კვ}} = 5 \text{ მ}^2$  (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

| სამაგრი მასალა | დეფიციტური მასალების ხარჯი სამაგრის ყოველ ტ/მ <sup>2</sup> ამტანუნარიანობაზე |   |        |        |
|----------------|--|---|--------|--------|
|                | ლითონის სამაგრი  | რკინა-ბეტონის ჩარჩო, რკინა-ბეტონის ამოხმევი | YPII-1 | ბეტონი |
| ლითონი, კგ     | 30   | 26  | 33     | —      |
| ცემენტი, კგ    | —  | 78  | 90     | 100    |

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, რკინა-ბეტონის სამაგრის არსებული კონსტრუქცია ფილური ტიპისა (YPII-1) არ იძლევა ლითონის ეკონომიას და, მართალია, არ საჭიროებს ხის ამოხმევას, მაგრამ სამაგრიოდ მოითხოვს 90 კგ ცემენტის, და შესაბამის ინერტულ შემესებთა დამატებით ხარჯს. შედარებით უკეთესი მაჩვენებელი ამ თვალსაზრისით გააჩნია კოჭისებრი ტიპის სამაგრის რკინა-ბეტონის ამოხმევით.

როგორც ჩანს, YPII-1 ტიპის სამაგრის გამოყენება იწვევს დეფიციტური მასალების გაუმართლებელ გადახარჯევებს როგორც ლითონის, ისე ბეტონის სამაგრთან შედარებით. რკინა-ბეტონის კოჭისებრი ტიპის სამაგრი ამ მხრივ შედარებით უკეთესი მაჩვენებლებით ხასიათდება; მაგრამ არც ის შეიძლება რენტაბელურად ჩაითვალოს. ასაწყობი რკინა-ბეტონის სამაგრის არსებული კონსტრუქციების ასეთი დაბალი მაჩვენებლები ნაწილობრივ იმ ორგანულ სიძნელებებთანაა დაკავშირებული, რომლებიც დამახასიათებელია რკინა-ბეტონის ელემენტებისაგან ასაწყობი სამაგრის კონსტრუქციებისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ არაერთგზის ცდის მიუხედავად, ეს ამოცანა საზღვარგარეთ ვერ იქნა გადაჭრილი, თუმცა ასეთი ცდები წარმოებდა ჯერ კიდევ პირველი მსოფლიო ომის პერიოდში. ამ თვალსაზრისით საბჭოთა კავშირში შექმნილი



რკინა-ბეტონის სამაგრის კონსტრუქციები წინგადადგმულ ნაბიჯს წარმოადგენენ ასაწყობი რკინა-ბეტონის სამაგრად გამოყენების საქმეში.

დასკვნა

ზემოთ ჩამოთვლილი ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორების მიხედვით სხვადასხვა სახის სამაგრების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კაპიტალური თარახული გვირაბების სამაგრის არჩევისას ტექნიკის განვითარების თანამედროვე დონეზე მიზანშეწონილად უნდა ჩაითვალოს მონოლითური სწრაფშემკვრელი ბეტონის გამოყენება პნევმატური დამბეტონებელი მანქანების გამოყენებით, ანუ ე. წ. შპრიც-ბეტონით უქარგილო დაბეტონება.

ასაწყობი რკინა-ბეტონის სამაგრის ამჟამად გავრცელებული კონსტრუქცია, ე. წ. VPII—I, ვერ აკმაყოფილებს სამაგრისათვის წაყენებულ ტექნიკურ-ეკონომიურ მოთხოვნებს. მიწისქვეშა გვირაბების გაშვებაში რკინა-ბეტონის ასაწყობი კონსტრუქციების წარმატებით დანერგვის მიზნით საჭიროა შეიქმნას ეკონომიური, მსუბუქი ელემენტებისაგან შემდგარი სამაგრი. ერთ-ერთ გადაწყვეტად ამ შემთხვევაში შეიძლება იყოს თხელკედლიანი თალისებრი გლუვ-ზედაპირიანი კონსტრუქცია. უნდა ჩატარდეს კვლევები წინასწარდაჭიმული რკინა-ბეტონისაგან რაციონალური სამაგრის შესაქმნელად.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
საბჭოთა საქმის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 22.1.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Д. Джанджгава. О выборе профиля металла для горной крепи. Журнал „Научные доклады высшей школы“. Горное дело, № 2, 1958.
2. ბ. ჯანჯღავა. თარახულ გვირაბებში სამაგრის დაცემების შრომატევადობის შეკვირვებას საკითხ-სათვის. საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური კომიტეტის ბიულეტენი, № 6, 1960.

მცენარეთა ფიზიოლოგია

6. ლვამიჩაშვილი

მიკროორგანიზმები, როგორც ვიტამინების  
დაბროვების მრთ-მრთი წყარო  
ნიკოტინის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჯაფარიძემ 12.12.1961)

ნიადაგი ყოველთვის შეიცავს მიკროორგანიზმებს მეტ-ნაკლები რაოდენობით. მიკროორგანიზმების დიდი ნაწილი თავისი ცხოველმოქმედების პროცესში აწარმოებს ვიტამინების სინთეზს და გამოყოფს კიდევ შათ ვარემო არეში, რითაც ხელს უწყობს ნიადაგში ვიტამინების დაგროვებას [1]. ასეთ მიკროორგანიზმებს შორის აღსანიშნავია აზოტობაქტერი.

აზოტობაქტერი ნ. კრასილნიკოვის [2] გამოკვლევებით, დიდი რაოდენობით შეიცავს და გამოყოფს ისეთ ვიტამინებს, როგორცაა თიამინი, რიბოფლავინი, ნიკოტინის მჟავა და პანტოტენის მჟავა. საინტერესო იყო შეგვესწავლა, არსებობს თუ არა რაიმე თანაღარდობა ნიადაგში აზოტობაქტერის რაოდენობასა და ვიტამინების დაგროვებას შორის. ამ მიზნით სართიქალის შავმიწა ნიადაგში წელიწადის სხვადასხვა დროს ვსაზღვრავდით თიამინს ( $B_1$ ), რიბოფლავინს ( $B_2$ ), პანტოტენის მჟავას ( $B_3$ ), პირიდოქსინს ( $B_6$ ) და ნიკოტინის მჟავას (PP).

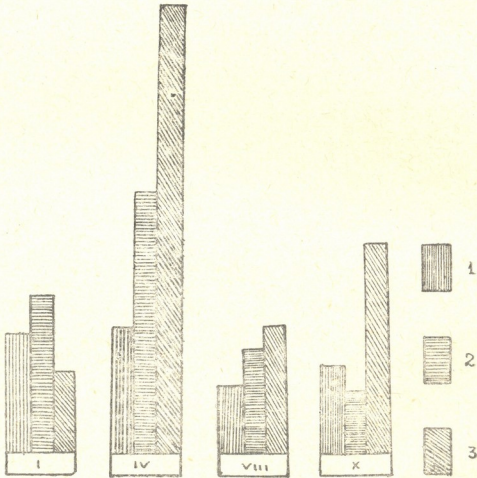
პარალელურად ვსაზღვრავდით აზოტობაქტერის საერთო რაოდენობას ეშბის აგარიზებულ საკვებ არეზე. გარდა ამისა, ვსწავლობდით მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობას ხორცბეტონიან აგარზე და აუქსოაუტროტროფულ მიკროორგანიზმებს უვიტამინო სინთეტურ არეზე — ჩაბეკის საკვებ არეზე.

სანალიზო მასალა ავიღეთ ხორბლის ყანაში ნიადაგის 80 სმ ჭრილიდან შემდეგ სიღრმეზე: 0—20 სმ; 20—50 სმ; 50—80 სმ. ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია დიაგრამებზე, სადაც გამოხატულია ვიტამინებისა და მიკროორგანიზმების შემცველობა ნიადაგში 0—80 სმ სიღრმეზე საშუალოდ.

როგორც ნახ. 1-დან ჩანს, საკვლევი ნიადაგი მდიდარია მიკროორგანიზმებით. სამივე არეზე მოხარდი მიკროორგანიზმების განვითარება მაქსიმუმს გაზაფხულზე აღწევს. აღსანიშნავია, რომ თითქმის ყველა ვადაში ჭარბობს აუქსოაუტროტროფული ორგანიზმები. აზოტობაქტერი მოცემულ ნიადაგში საკმაო რაოდენობით აღირიცხება და განიცდის სეზონურ დინამიკას. ზამთარში შედარებით მცირე რაოდენობითაა, გაზაფხულზე უაღრესად მატუ-

ლობს და აღწევს მაქსიმუმს, ზაფხულში კლებულობს, ხოლო შემოდგომისათვის კვლავ მატულობს.

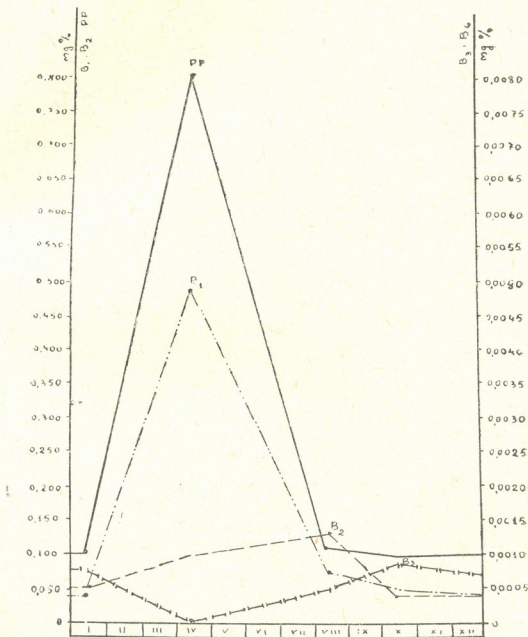
ნახ. 2-დან ჩანს, რომ საკვლევი ნიადაგი ვიტამინებს მეტნაკლები რაოდენობით შეიცავს. ასე, მაგალითად, ნიკოტინის მჟავა და თიამინი ძლიერ დიდი რაოდენობით აღირიცხება, შედარებით მცირეა რიბოფლავინი და პანტოტენის მჟავა, ხოლო პირიდოქსინი ოთხივე ვადაში მხოლოდ კვალის სახითაა წარმოდგენილი, რის გამოც დიაგრამაზე არაა აღნიშნული.



ნახ. 1. მიკროორგანიზმების შემცველობის დინამიკა: 1—ზორცპეტონიან აგარზე მოზარდი მიკროორგანიზმები; 2—ჩაპეკის საკვებ არეზე მოზარდი მიკროორგანიზმები; 3—აზოტობაქტერიის რაოდენობა გზის საკვებ არეზე (1 სმ 5—მლნ კოლ.)

სეზონური დინამიკის მხრივ აღნიშნული ვიტამინები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან. ნიკოტინის მჟავა და თიამინი დაგროვების მაქსიმუმს აღწევს გაზაფხულზე, შემდეგ კი მათი შემცველობა კლებულობს. აღსანიშნავია, რომ ორივე ვიტამინი გაზაფხულზე ძლიერ დიდი რაოდენობით გროვდება. ასე, მაგალითად, ნიკოტინის მჟავის შემცველობა 0—80 სმ სიღრმეზე საშუალოდ

0,818 მგ %-ია, ხოლო თიამინისა—0,487 მგ %. ამ ვიტამინების დიდი რაოდენობით დაგროვება ემთხვევა გაზაფხულზე აუქსოაუტოტროფული მიკროორგანიზმებისა და განსაკუთრებით აზოტობაქტერიის დიდი რაოდენობით დაგროვებას.



ნახ. 2. ვიტამინების შემცველობის დინამიკა

რიბოფლავინის შემცველობა ზამთრიდან დაწყებული თანდათანობით მატულობს, ზაფხულში აღწევს მაქსიმუმს, ხოლო შემდგომისათვის მცირდება. ზაფხულში მისი რაოდენობა ნიადაგში 0—80 სმ სიღრმეზე საშუალოდ 0,131 მგ %-ს უდრის. ამრიგად, რიბოფლავინის მაქსიმალური შემცველობა აღირი-



ცხება მაშინ, როდესაც მიკროორგანიზმების შედარებით მცირე რაოდენობაა. მაგრამ აღსანიშნავია, რომ აუქსოაუტოტროფები და განსაკუთრებით აზოტობაქტერი ამ პერიოდშიც კარბობს ხორცბეტონიან აგარზე მოზარდ მიკროორგანიზმების რაოდენობას.

პანტოტენის მჟავა ნიადაგში მცირე რაოდენობითაა წარმოდგენილი. მისი რაოდენობა მაქსიმალური დაგროვების პერიოდში—შემოდგომაზე—0—80 სმ სიღრმეზე საშუალოდ 0,0009 მგ %-ს უდრის. აღნიშნული ვიტამინის დინამიკა შემდეგნაირია: ზაფხულში მისი შემცველობა საგრძნობლად იკლებს, შემოდგომაზე მაქსიმალურად მატულობს, ხოლო ზამთარში შედარებით დიდ შემცველობას ინარჩუნებს.

ზაფხულში პანტოტენის მჟავის ასეთი მკვეთრი დაცემა შესაძლებელია დაფუძვნიროთ ისეთი მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედებას, რომლებიც დიდი რაოდენობით შთანთქავენ მას; ხოლო შემოდგომაზე შედარებით დიდი რაოდენობით გროვდება აზოტობაქტერი, რაც, შესაძლოა, გავლენას ახდენს პანტოტენის მჟავის დაგროვებაზე ნიადაგში.

ამრიგად, სართიქალის შავმიწა ნიადაგში მიკროორგანიზმების განვითარება თანაფარდობაშია ვიტამინების შემცველობასთან. ვიტამინების მაქსიმალური დაგროვება ემთხვევა ნიადაგში აუქსოაუტოტროფული, ე. ი. ვიტამინების მასინთეზირებელი მიკროორგანიზმების ინტენსიური განვითარების პერიოდს. ეს თანაფარდობა განსაკუთრებით შესამჩნევია აზოტობაქტერის მიმართ. შესაძლებლად მიგვაჩნია, რომ შავმიწა ნიადაგში ვიტამინების ასეთი მაღალი შემცველობის ერთ-ერთ განმსაზღვრელ ფაქტორად ჩაითვალოს აზოტობაქტერის ცხოველმოქმედება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ბოტანიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.12 1961)

#### დასოვნებაული ლიტერატურა

1. В. Х. Ш о п ф е р. Витамины почвы. Биох. и физиол. витаминов. I, 1950.
2. Н. А. Красильников. Микроорганизмы почвы и высшие растения. Изд. АН СССР, 1958.



ფიზიოლოგია

0. აიმაზაშვილი

საკვამბთან შეუშლელვლად ძალლის პირობითი მოძრაობითი რამაცდინის ბამომომუშავების შესაძლებლობის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 7.7.1960)

ცნობილია, რომ ძალლებს პირობითი კვებით-მამომძრავებელი ქცევა ბგერით გამაღიზიანებლებზე ძალიან სწრაფად უმუშავდებათ. საკმარისია მშვიერი ძალლი ინდიფერენტული ბგერის თანხლებით რამდენიმეჯერ მივიყვანოთ განსაზღვრულ ადგილზე და იქ საკვები მიეცეთ, რომ შემდეგ ის აღნიშნულ ბგერაზე უკვე დამოუკიდებლად დაიწყებს ამ ადგილისაკენ სიარულს [1]. მაგრამ საკითხი იმის შესახებ, გამოუმუშავდება თუ არა ძალლს ინდიფერენტულ ბგერაზე განსაზღვრული ადგილისაკენ პირობითი მოძრაობა ამ ადგილზე კვებისა თუ სხვა ორგანული მოთხოვნილების დამაკმაყოფილებლის გარეშე, ჯერჯერობით შესწავლილი არ ყოფილა. წინამდებარე შრომის მიზანია ამ საკითხის ექსპერიმენტული შესწავლა.

მეთოდისკა

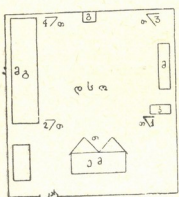
ცდებს ვატარებდით დიდ საექსპერიმენტო ოთახში თავისუფალი მოძრაობის მეთოდის გამოყენებით (ბერიტაშვილი). ოთახის უკანა კედელთან მოთავსებული იყო მავთულის დიდი გალია ღია კარით. ცდების დაწყებამდე ძალლებს ვაჩვენებდით გალიაში მშვიდად გაჩერებას. გალის წინ 5 მეტრის დაშორებით იდგა ექსპერიმენტატორის მაგიდა, ცდების დროს მაგიდას გალის მხრიდან თეჯირებით ვფარავდით. ცხოველის ქცევას ვაკვირდებოდით თეჯირებში დაყოლებული განიერი ღრეკოებიდან.

პირობითი მოძრაობის გამოუმუშავებას შემდეგი წესით ვაწარმოებდით მშვიერ ძალლებზე: წინასწარ ოთახის ოთხივე კუთხეში, ცხოველის გალისაგან 3-4 მეტრის დაშორებით, ვდგამდით თეჯირებს (ნახ. 1). ერთ-ერთის უკან, რომლის მიმართულებითაც ვაპირებდით პირობითი მოძრაობის გამოუმუშავებას, ვათავსებდით ელექტროზარს, უურმილს ან სხვა რომელიმე ინდიფერენტულ ბგერით გამაღიზიანებელს. ვაძლევდით ბგერას, ლაბორანტი, რომელიც გალისათან ახლოს იდგა, ძალლს ჰკიდებდა საყელურში ხელს და ბგერის თანხლებით გალიიდან პირდაპირ მოყავდა თეჯირის უკან, ბგერის წყაროსთან ახლოს. აქ ბგერის შეწყვეტასთან ერთად ძალლს ათავისუფლებდა, აცდრდა ცოტა ხანს და ისევ გალიაში აბრუნებდა. ცდას ვატარებდით დღეში 6-დან 12-ჯერ, 2-3 წუთის ინტერვალით. დრო და დრო ვცდიდით ბგერის

იზოლირებულ მოქმედებას. პირობითი მოძრაობის გამომჟღავნების შემთხვევაში ძალდი ბგერაზე დამოუკიდებლად უნდა მისულიყო ბგერის წყაროსთან.

მიღებული შედეგები

ინდიფერენტულ ბგერაზე ბგერის წყაროსთან იძულებითი მიყვანის დროს ყველა ძალდი თითქმის ერთნაირად იქცეოდა. პირველ ცდაზე ძალდები ლაბორანტს თავისუფლად და სწრაფად მისდევდნენ, თუჯირის უკან თავისით შედიოდნენ, ყნოსავდნენ ბგერით გამალიზიანებელს, იატაკს. ბგერის შეწყვეტის შემდეგ თავისით ბრუნდებოდნენ გალიაში. მეორე და მესამე ცდაზე ისინი მისდევდნენ შედარებით ნელა, თუჯირთან ჩერდებოდნენ, ბგერით გამალიზიანებელთან ახლოს აღარ მიდიოდნენ.



სურ. 1. ცდის მოწყობილობა: დსო — დიდი საექსპერიმენტო ოთახი; ე მ — ექსპერიმენტატორის მაგიდა; მ. ზ. — მიომუნის გალია; გ — გალია, რომელშიაც ცდის დროს ცხოველი თავსდება; მ — მაგიდა; კ — კარადა; თ — თუჯირები; კარ. — კარები

განთავისუფლებისას სწრაფად ბრუნდებოდნენ გალიაში. შემდგომ ცდებში ბგერის წყაროსთან იძულებით მიყვანისას ძალები ლაბორანტს წინააღმდეგობას უწყევდნენ გზაზე, ხშირად ჩერდებოდნენ, გალიისაკენ ტრიალდებოდნენ. თუჯირთან მიახლოებისას ცდილობდნენ სხვა მიმართულებით წასვლას. ბგერის წყაროსთან ახლოს მხოლოდ ძალდატანების შემდეგ მიდიოდნენ. განთავისუფლებისას სწრაფად ბრუნდებოდნენ გალიაში, ზოგჯერ კი გალიაში დაბრუნების ნაცვლად ოთახის კარისაკენ გარბოდნენ.

ცდის 6-8-ჯერ გამეორების შემდეგ ბგერის იზოლირებულ მოქმედებაზე ძალები მხოლოდ სუსტი საორიენტაციო რეაქციით უპასუხდნენ. თავს ატრიალებდნენ ბგერის წყაროს მიმართულებით, ხოლო მისკენ დამოუკიდებლად წასვლას არ ცდილობდნენ. აღსანიშნავია, რომ, თუ ამის შემდეგ ძალს ბგერის წყაროსთან ახლო დაეუდგამდით ხორციით საცეე ჯამს, მივიყვანდით იქ, ბგერის გარეშე ვაქმევდით საცეებ ნაწილს, დარჩენილს კი მისი გალიაში წამოყვანის შემდეგ ისევ უკან წამოვიღებდით, ძალდი ბგერის იზოლირებულ მოქმედებაზე საორიენტაციო რეაქციის ნაცვლად უკვე დადებით რეაქციას ავლენდა: მყისვე მირბოდა ბგერის წყაროსთან და იქ საცეების ძებნას იწყებდა. ამავე დროს ძალდი არ უპასუხებდა ანალოგიური რეაქციით ექსპერიმენტატორის მაგიდიდან ან ოთახის რომელიმე სხვა ადგილიდან მიცემულ უცხო ბგერებზე მაშინაც კი, როდესაც ამ ბგერებს ჭამის შემდეგ პირველ რიგში ვაძლევდით.

საილუსტრაციოდ მოგვყავს ერთერთი ასეთი ცდის ოქმი.

ოქმი

16. III.1960 წელი. ძალდი ყურშა. ზის დიდ გალიაში. გალიის კარი ღიაა. ზარი მოთავსებულია № 1 თუჯირის უკან. რეპროდუქტორი, რომელიც ტონის გენერატორთან არის შეერთებული, ღვას ექსპერიმენტატორის მაგიდაზე. ლაბორანტი გალიის მარცხნივ



დგას. ზარის ხმაზე ძალდი იძულებით მიყავს № 1 თეჯირის უჯან, პირდაპირ ელექტროზარ-  
 თან. ოქმი იწყება იძულებითი წაყვანის მე-5-ცდიდან.

1 საათი და 12 წუთი. ზარი (5). ზარის მიცემამდე ძალდი ზის. ზარის ხმაზე თავს  
 ამოძრავებს. გამოგვყავს გალიიდან, განზე იწვეს. გზაზე წინააღმდეგობას გვიწვეს, ძალით შეგვე-  
 ყავს თეჯირის უჯან. მიგვყავს ზართან ახლოს. ვათავისუფლებთ. ძალდი სწრაფად ბრუნდება  
 გალიაში.

1 საათი და 15 წუთი. ზარი (6). ზარის მიცემამდე ძალდი ზის. ზარის ხმაზე არ იძე-  
 რის. მიგვყავს ზართან. შუა გზიდან კარისკენ მიიწვეს. ძალით შეგვყავს თეჯირის უჯან. ზარ-  
 თან ახლო ვათავისუფლებთ. ძალდი კარისკენ აპირებს წასვლას. ვუწყრებით. ბრუნდება  
 გალიაში.

1 საათი და 18 წუთი. თეჯირებით ვფარავთ ცხოველის გალიას. ვდგამთ მოხარშული  
 ზორცით საესე ჯამს № 1 თეჯირის უჯან, ზარის ახლო. მიგვყავს ძალდი ზარის გარეშე  
 ვაკმევთ საკვების ნაწილს. ნახევარზე მეტს ისევე ჯამში ვტოვებთ. ძალდი გალიაში მიგვყავს.  
 წინააღმდეგობას გვიწვეს. წამდაუწუმ საკვების ადგილისაკენ იწვეს. ძალით შეგვყავს გალია-  
 ში. ვერ ისვენებს. ცდილობს საკვებისკენ წასვლას. ვუწყრებით. წუნარდება. დარჩენილი საკ-  
 ვები მიგვაკვებს უჯან ისე, რომ ძალდი ამას ვერ ხედავს. გალის წინ დადგმულ თეჯირებს ვი-  
 ლებთ. ლაბორანტი ექსპერიმენტატორის მაგიდასთან მოდის.

1 საათი და 22 წუთი. ტონი 500 ჰერცი. ექსპერიმენტატორის მაგიდიდან (1). ტონის  
 მიცემამდე ძალდი ზის თავაწუელი. ტონის ხმაზე თავს აბრუნებს მაგიდისაკენ. გალიიდან  
 არ გამოდის.

1 საათი და 24 წუთი. ზარი (7). ზარის მიცემამდე ძალდი ზის თავაწუელი. ზარის  
 ხმაზე დგება. გამოდის გალიიდან. წამით ჩერდება გალიასთან. მერე სწრაფად მორბის ზარ-  
 თან. თავს ზრის. ყნოსავს იატაკს ვამალებით. ეძებს საკვებს.

1 საათი და 26 წუთი. ზარი (8). ზარის მიცემის წინ ძალდი გალიაში დგას. ზარის  
 ხმაზე არ გამოდის.

როგორც ამ ოქმიდან ჩანს, ზარის თანხლებით ბგერის წყაროსთან  
 ნ-ჯერ იძულებით მიყვანის შემდეგ ზარის იზოლირებულმა მოქმედებამ ბგერის  
 წყაროს მიმართულებით ძალის პირობითი მოძრაობა არ გამოიწვია. როდეს-  
 საც ძალს ამის შემდეგ ზართან ახლო ერთხელ ვაკამეთ, მან მისთვის უწ-  
 ვეულო ბგერაზე—500 ჰერცის ტონზე, რომელიც ექსპერიმენტატორის მაგი-  
 დიდან მივეცი, მხოლოდ თავი მოატრიალა მაგიდისაკენ, მიუხედავად იმისა,  
 რომ ეს ბგერა ჭამის შემდეგ პირველ რიგში მივეცი. ზარის ხმაზე კი სწრა-  
 ფად მიიბრინა ზართან და საკვების ძებნა დაიწყო.

ოქმიდან აგრეთვე ჩანს, რომ ზართან ახლო ჭამის შემდეგ ძალდი ზა-  
 რის ხმაზე მხოლოდ ერთხელ მოგვეცა დადებითი რეაქცია—მიიბრინა ზართან  
 ახლო და იქ საკვებს დაუწყო ძებნა, როდესაც ამ ადგილზე საკვების ამოდ  
 ძებნის შემდეგ ძალდი გალიაში დაეაბრუნეთ და 2 წუთის შემდეგ ხელმეორედ  
 ვისინჯეთ ზარის მოქმედება, ძალდი გალიიდან აღარ გამოვიდა.

აღსანიშნავია, რომ ასეთი ცდის დაყენების შემდეგ, როდესაც ძალდი  
 მომდევნო დღეებში ოთახში შემოგვყავდა, ის მყისვე ზარის ადგილზე მიბო-  
 და, თავს ხრიდა, დაყნოსავდა ზარს, იატაკს და მერე შედიოდა გალიაში.  
 ასეთ შემთხვევაში რამდენჯერაც არ უნდა გვესინჯა ზარის მოქმედება, ძალ-  
 დი გალიიდან აღარ გამოდიოდა. მაგრამ როდესაც ერთ ცდაში ძალდი ოთა-  
 ხში შემოყვანისთანავე პირდაპირ გალიაში შევიყვანეთ და თანაც ზარის ად-  
 გილზე თვითნებურად მისვლის საშუალება არ მივეცი, ზარის ხმაზე მან ერ-  
 თხელ კიდევ მოგვეცა დადებითი რეაქცია.



მსგავსი ცდებიდან, რომლებიც მრავალ ძალზე დავაყენეთ, გამოირკვა, რომ ზემოთ აღწერილი შედეგის მისაღებად საჭირო იყო ზოგიერთი აუცილებელი პირობის დაცვა. ჯერ ერთი, ცდის დაწყებამდე ძალი წინასწარ კარგად უნდა შესწავილიდა საქსპერიმენტო ოთახის პირობებს, მეორეც—ბგერის წყაროსთან კვების ცდის დროს ძალს არ უნდა მოესწრო მიწოდებული ულუფის მთლიანად შეჭმა, ნაწილი საკვებისა ისევ ჯამში უნდა დარჩენილიყო და, ბოლოს, ისე უნდა მოგვეხერხებინა, რომ ძალი ჭამის შემდეგ წყნარად ყოფილიყო გალიაში და ბგერითი სიგნალის მიცემამდე თავისით არ წასულიყო საკვების ადგილისაკენ.

გარდა ამისა, ცდებმა აგრეთვე გვიჩვენა, რომ ინდიფერენტულ ბგერაზე ბგერის წყაროსთან რამდენიმეჯერ იძულებითი მიყვანის შემდეგ ძალი ბგერის იზოლირებულ მოქმედებაზე მხოლოდ ერთადერთ შემთხვევაში გვაძლევდა დადებით რეაქციას, სახელდობრ მაშინ, როცა მას ბგერის გარეშე საკვებს უშუალოდ ბგერის წყაროსთან ახლო ვაძლევდით. ეს კარგად ჩანდა შემდეგი ცდებიდან.

მოვათავსეთ ორი ინდიფერენტული ბგერითი გამაღიზიანებელი ერთმანეთისაგან მოშორებით. მეტრონომი—№ 1 თეჯირის უკან: რეპროდუქტორი, რომლის ჩართვა 500 ჰერცის ტონს გვაძლევდა, № 4 თეჯირის უკან. ძალბრამდენჯერმე მივიყვანეთ იძულებით ჯერ მეტრონომთან მეტრონომის რახუნზე, შემდეგ რეპროდუქტორთან რეპროდუქტორის ხმაზე. ამის შემდეგ ძალს მივეცით საჭმელი № 4 თეჯირის უკან, სადაც მოთავსებული იყო რეპროდუქტორი, და ვსინჯეთ ბგერების მოქმედება. შედეგი ასეთი მივიღეთ: ძალმა მეტრონომის რახუნზე მხოლოდ თავი მოატრიალა მეტრონომისაკენ; რეპროდუქტორის ჩართვისას კი სწრაფად მიიბრინა რეპროდუქტორთან და იქ ახლო საჭმლის ძებნა დაიწყო.

ცდა გავიმეორეთ. ახლა ძალს საკვები მეტრონომის ახლო მივეცით. ვსინჯეთ ბგერების ხელმეორედ მოქმედება. ძალი პირუკუ მოიქცა. რეპროდუქტორის ხმაზე, რომელიც ჭამის შემდეგ პირველ რიგში ჩავრთეთ, ძალმა ადგილიდან არ დაძრულა, მეტრონომის რახუნზე კი მყისვე მეტრონომთან მიიბრინა და იქვე ახლო დაიწყო საკვების ძებნა.

როდესაც ამავე ცდაში ძალს ბგერების ცალ-ცალკე გამოცდის წინ საკვები მივეცით ბგერის წყაროსაგან მოშორებით, პირველად გალიის ახლო, მეორედ კი № 3 თეჯირის უკან, ძალმა ორივე შემთხვევაში ჭამის შემდეგ ბგერების მოქმედებაზე მხოლოდ საორიენტაციო რეაქცია მოგვცა.

იგივე განმეორდა, როდესაც ბგერითი გამაღიზიანებელი დავდეთ ექსპერიმენტატორის მაგიდაზე და მისი თანხლებით ძალი რამდენჯერმე იძულებით მივიყვანეთ თეჯირის უკან, სადაც არაფერი არ იყო მოთავსებული. როდესაც ამის შემდეგ ძალს თეჯირის უკან საკვები მივეცით და ცოტა ხნის შემდეგ ვცადეთ ბგერის იზოლირებული მოქმედება, ძალმა პასუხად თავი მოატრიალა მაგიდისაკენ, ე. ი. იქითკენ, საიდანაც ბგერა ესმოდა, მაგრამ გალიიდან არ გამოვიდა. უფრო მეტიც, ჩვენ ასეთ პირობებში ძალი აღნიშნული ბგერის თანხლებით 25-ჯერ მივიყვანეთ იძულებით თეჯირის

უკან და ყოველი 4—5 მიყვანის შემდეგ იქიდან ბგერის გარეშე საკვები მიეცით, მაგრამ ბგერაზე ცხოველის რეაქცია მაინც არ შეიცვალა. ძალის ყოველი ჭამის შემდეგ ბგერის მიცემაზე ისევ საორიენტაციო რეაქციით უპასუხებდა, თუჯირისაკენ წასვლას არ ცდილობდა, მაშინ როცა საკვების ყოველი მიღების შემდეგ ის თვითნებურად, ბგერის გარეშე, რამდენჯერმე მობრბოდა საჭმლის ადგილისაკენ.

ამრიგად, ცდების ყველა აღნიშნული ვარიაცია გვიჩვენებს, რომ, თუ ძალის რომელიმე ინდიფერენტული ბგერის თანხლებით რამდენიმეჯერ მიეცევანთ იძულებით ბგერის წყაროსთან და არც ერთხელ არ მიეცემთ ამ ადგილზე საკვებს, მას აღებულ ბგერაზე ბგერის წყაროსაკენ პირობითი მოძრაობა არ გამოუშუშავდება. მაგრამ, თუ ძალის ამის შემდეგ ბგერის წყაროსთან ერთხელ ვაჭმევთ, ბგერის ცალკე მოქმედებაზე ის დადებით რეაქციას მოგვცემს, მყისვე მიიბრინეს ბგერის წყაროსთან და იქ საკვების ძებნას დაიწყებს.

რადგან ინდიფერენტულ ბგერაზე ბგერის წყაროსთან ძალის 6—8-ჯერ იძულებით მიყვანამ სასურველი შედეგი არ მოგვცა, ე. ი. ჭამის გარეშე ძალის პირობითი მოძრაობა ბგერის წყაროსკენ არ გამოუშუშავდა, გადავწყვიტეთ 5 ახალ ძალზე თავიდან დაგვეწყო მუშაობა და ამჯერად ცდათა რაოდენობა 100-მდე და კიდევ უფრო მეტად აგვეყვანა.

ჩვენ ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ მეორე-მესამე ცდიდან, ცხოველები უკვე ბგერის წყაროსკენ იძულებით მიყვანაზე წინააღმდეგობის გაწევას იწყებდნენ. ცდების ამ სერიაში იგივე გამოვრდა. პირველ ორ ცდაზე ძალები ლაბორანტს წაჭყენენ სწრაფად და თავისუფლად, შემდეგ კი შეწყვიტეს თავისუფლად სიარული და ბგერის წყაროსთან იძულებით წაყვანაზე წინააღმდეგობის გაწევა დაიწყეს.

მომდევნო ცდებში ძალები წინააღმდეგობის გაწევას გალიიდან გამოყვანისთანავე იწყებდნენ. ბგერის მიცემის შემდეგ, როგორც კი ლაბორანტი დაიხრებოდა გალიისთან და ხელს გასწევდა საყელურში მოსაკიდებლად, ზოგი ძალის მაშინვე ოთახის კარისკენ გარბოდა, ზოგი კი თავს უკან სწევდა, გვერდზე იწევდა და ლაბორანტს საყელურში ხელის მოკიდების საშუალებას არ აძლევდა. ბგერის წყაროსკენ იძულებით წაყვანისას ძალები ლაბორანტს მისდევდნენ უხალისოდ, გზაზე მალმალ, ჩერდებოდნენ, ცდილობდნენ უკან დაბრუნებას, ჯდებოდნენ ან წვებოდნენ იატაკზე, წკმუტუნებდნენ, გაძლიერებით სუნთქავდნენ. ბგერის წყაროსთან ძალდატანების მიყვანის შემდეგ ისინი განთავისუფლებისას სწრაფად გალიაში ბრუნდებოდნენ ან ოთახის კარისკენ გარბოდნენ.

ცდის 10, 15, 20-ჯერ გამოვრების შემდეგ ბგერის იზოლირებულ მოქმედებაზე ძალები ხანდახან უარყოფითი რეაქციით უპასუხებდნენ. ბგერის გაგონებაზე წვებოდნენ, თავს დაბლა ხრიდნენ, გალიის კუთხისაკენ მიიწევდნენ, ზოგი ძალის კი მყისვე ოთახის კარისკენ მიბრბოდა, ან კიდევ გალიიდან გამოსვლის შემდეგ მიდიოდა იქვე მდგომ ლაბორანტთან და მის მახლობლად მოუსვენარ მოძრაობას იწყებდა.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მუშაობის ამ სტადიაზე ძაღლები ბგერის წყაროსთან იძულებით მიყვანიას მთელ გზაზე თავისუფლად მისდევდნენ ლაბორანტს, მაგრამ როგორც კი მიუახლოვდებოდნენ თეჯირს, რომლის უკანაც ბგერითი გამაღიზიანებელი იდგა, ისევ წინააღმდეგობის გაწევას იწყებდნენ: ჩერდებოდნენ, უკან იხევდნენ, სხვა მიმართულებით ცდილობდნენ წასვლას.

საინტერესოა, რომ, თუ ძაღლს ბგერაზე გალიდან იძულებით გამოყვანის შემდეგ სხვა მიმართულებით წაიყვანდით, მაგალითად ოთახის იმ კუთხისაკენ, რომელთანაც ის მანამდე არ გვეყვოდა მიყვანილი, მაშინ ის ლაბორანტს მისდევდა ყოველგვარი წინააღმდეგობის გაუწყველად, ადგილზე მისვლის შემდეგ თავს ხრიდა, ყნოსავდა იქაურობას და ისე ბრუნდებოდა გალიაში.

ბგერის წყაროსაკენ პირობითი მოძრაობის გამომუშავება ცდის არც 85—100-ჯერ გამეორების შემდეგ მოხერხდა. ბგერის იზოლირებულ მოქმედებაზე ცხოველები კვლავინდებურად უარყოფითი რეაქციით უპასუხებდნენ. ამასთან ახლა უკვე უარყოფითი რეაქცია ბგერაზე რეგულარულად მიიღებოდა. ორი ძაღლი ბგერის მიცემისთანავე გალიაში იწყებდა მოუსვენარ მოძრაობას, მიიწევდა კუთხისაკენ, წვებოდა, თავს დაბლა ხრიდა, ან კიდევ, თუ ბგერის მიცემის წინ გალიაში თავდახრილი იწვა, სრულებით არ რეაგირებდა. დანარჩენი სამი ძაღლი კი ბგერაზე მყისვე ოთახის კარისაკენ გარბოდა. ერთი მათგანი ზოგჯერ სხვანაირადაც იქცეოდა: ბგერაზე კარისაკენ გაქცევის ნაცვლად ლაბორანტთან მიდიოდა და მის მახლობლად მოუსვენარ მოძრაობას იწყებდა.

ამის შემდეგ ამ ხუთი ძაღლიდან ერთზე კიდევ კარგა ხნის განმავლობაში ვცდილობდით ბგერის წყაროსაკენ პირობითი მოძრაობის გამომუშავებას. 40 დღის განმავლობაში ბგერის თანხლებით ძაღლი ბგერის წყაროსთან 420-ჯერ მივიყვანეთ იძულებით. ამ ხნის განმავლობაში მრავალჯერ ვცადეთ ბგერის ცალკე მიცემა, მაგრამ ძაღლი ერთხელაც კი არ წავიდა ბგერის წყაროსაკენ დამოუკიდებლად. ბგერის მოქმედებაზე ცხოველი ძველებურად უარყოფითი რეაქციით უპასუხებდა: გარბოდა ოთახის კარისაკენ ან ლაბორანტთან მიდიოდა და მის მახლობლად მოუსვენარ მოძრაობას იწყებდა.

უარყოფითი რეაქცია ბგერაზე ჩაქრობას განიცდიდა. 4—5-ჯერ ზედიზედ გამოწვევის შემდეგ ცხოველი ბგერაზე გალიდან აღარ გამოიბოდა. მაგრამ, თუ ამის შემდეგ ბგერაზე ისევ დავიწყებდით ბგერის წყაროსთან ძაღლის იძულებით ტარებას, უარყოფითი რეაქცია ხელახლად აღდგებოდა თავისი პირვანდელი სახით.

მუშაობის განსაზღვრულ სტადიაზე უარყოფითი რეაქცია ბგერაზე მხოლოდ მაშინ ვიღებოდა. თუ ლაბორანტი გალიასთან ახლო იდგა. როდესაც ლაბორანტი ექსპერიმენტატორის მაგიდასთან მოდიოდა, ძაღლი ბგერაზე, გალიიდან გამოქცევის ნაცვლად, თავს ხან ბგერის წყაროსკენ მიატრიალებდა, ხან კიდევ ხრიდა და წვებოდა.

ამრიგად, ცდის 100 და უფრო მეტი რაოდენობით გამეორების მიუხედავად, დადებითი შედეგი მაინც ვერ მივიღეთ. საკვებთან შეუხულებლად



ძალეებს ინდიფერენტულ ბგერით გამაღიზიანებლებზე ბგერის წყაროსაკენ პირობითი მოძრაობა არ გამოუმუშავდათ. ცდის მრავალჯერადი გამეორების შემდეგ ძალეებს ინდიფერენტულ გამაღიზიანებლებზე განუფითარდათ სხვადასხვა ფორმისა და ინტენსივობის პირობითი უარყოფითი ქცევა, რომელიც ზოგ ძალს გალიიდან თავის დაღწევითა და ოთახის კარისაკენ სწრაფი მოძრაობით გამოეხატა.

ამ ბგერების უარყოფითმა თვისებამ თავი იჩინა აგრეთვე მათი კვებითი ქცევის პირობით სიგნალებად გადაკეთების დროსაც.

ბგერის წყაროსთან დედგით საკვები ყუთი და ძალს ამ ბგერაზე იძულებითი მიყვანის შემდეგ ვაძლიეთ საკვები. ძალეები ხარბად ეცემოდნენ საკვებს. გალიაში ძალით დაბრუნების შემდეგ თავისით მიბრუნდნენ ყუთთან, მაგრამ ბგერებზე, რომლებზედაც ისინი ადრე მრავალჯერ იყვნენ ამ ადგილთან იძულებით მოყვანილი, ისევ უარყოფით რეაქციას გვაძლევდნენ. იმისათვის, რომ აღნიშნულ ბგერებზე პირობითი კვებითი ქცევა გამოგვემუშავებინა, დაგვეჭირდა ბგერის ისეთი რაოდენობით შეუღლება ყუთიდან ცხოველის კვებასთან, რომელმაც ორჯერ, სამჯერ და უფრო მეტად გადააჭარბა ჩვეულებრივ ინდიფერენტულ ბგერებზე კვებითი ქცევის გამოუმუშავებისათვის საჭირო შეუღლებათა რაოდენობას. ეს ფაქტი განსაკუთრებით კარგად ორ ძალზე გამოვლინდა, რომლებსაც ადრე კონტროლისათვის სხვა ბგერაზე უკვე ჰქონდათ გამოუმუშავებული კვებითი ქცევა. მაგალითად, თუ ადრე ერთ მათგანს ზარზე, რომელიც საკვებ ყუთთან ჰქონდა მოთავსებული, კვებითი ქცევა გამოუმუშავდა სამი შეუღლების შემდეგ, 500 ჰერცის ტონზე, რომლის წყაროსთანაც ის 85-ჯერ იყო იძულებით მიყვანილი, კვებითი ქცევის გამოუმუშავებისათვის 11 შეუღლება დაგვეჭირდა. მეორე ძალს ადრე ყუთთან მოთავსებული 500 ჰერცის ტონზე კვებითი ქცევა გამოუმუშავდა ოთხი შეუღლების შემდეგ. ზარზე, რომლის წყაროსთანაც ის წინასწარ 420-ჯერ იქნა იძულებით მიყვანილი, კვებითი ქცევის გამოუმუშავება უფრო მეტად დაუგვიანდა. პირველ დღეს ზარი 10-ჯერ შევაუღლეთ ცხოველის ყუთიდან კვებასთან, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ის კვებითი ქცევის პირობით სიგნალად მაინც ვერ გადაიქცა. ძალე ზოგჯერ გამოდიოდა გალიიდან კომპლექსური გაღიზიანების პასუხად: ზარზე და ლაბორანტის მოძრაობაზე საკვები ყუთისაკენაც კი მიდიოდა, მაგრამ შემდეგ სხვა მიმართულებით უხვევდა და ლაბორანტის დაუხმარებლად ყუთთან დამოუკიდებლად მისვლას ვერ ახერხებდა.

ძალე ზარის ხმაზე საკვებ ყუთთან პირველად მივიდა დამოუკიდებლად მუშაობის მეორე დღეს, ზარის ცხოველის ყუთიდან კვებასთან 17-ჯერ შეუღლების შემდეგ. ამ დღეს ცხოველი საკვები ყუთისაკენ ზარის ხმაზე განმეორებით აღარ წაყვიდა. ზარზე მოუსვენრად მოძრაობდა, გამაღიზიანებით სუნთქავდა. გამოდიოდა გალიიდან, თითქოს ყუთისაკენ აპირებდა წასვლას, მაგრამ შუა გზიდან სხვა მიმართულებით უხვევდა და ზოგჯერ ოთახის კარისაკენაც ვარბოდა. მუშაობის მესამე დღეს ზარის მე-27-ე ხმარებაზე ძალე მეორედ მოვიდა საკვებ ყუთთან დამოუკიდებლად, ხოლო მეოთხე დღეს ყუთიდან 35-ჯერ



კვების შემდეგ ცხოველმა ზარზე უკვე რეგულარულად დაიწყო საკვებ ყუთთან სიარული.

ამრიგად, ამ ცდებმა გვიჩვენა, რომ ცხოველებს იმ ბგერებზე, რომელთა თანხლებითაც ისინი, ჭამასთან შეუღლების გარეშე, იძულებით მრავალჯერ იყვნენ მიყვანილი ბგერის წყაროსთან, კვებითი ქცევა გვიან გამოუმუშავდათ. ამასთან კვებითი ქცევის გამოიმუშავება უფრო მეტად იმ ბგერაზე დაგვიანდა, რომელზედაც ცხოველი უფრო მეტჯერ იყო ბგერის წყაროსთან იძულებით მოყვანილი.

### დასკვნა

თუ ძალს რომელიმე ინდიფერენტული ბგერის თანხლებით იძულებით მიეყვანთ ბგერის წყაროსთან, რომელიც ცხოველისაგან დაშორებულია გარკვეული მანძილით და არ მიეცემთ ამ ადგილზე საკვებს, ცდის როგორც მცირე (6—8), ისევე დიდი რაოდენობით გამეორების მიუხედავად, მას პირობითი მოძრაობა ბგერის წყაროსაკენ არ გამოუმუშავდება.

ცდის მცირე რაოდენობით გამეორების დროს იქმნება იმის შესაძლებლობა, რომ თუ ძალს ბგერის წყაროსთან ერთხელ საკვებს მიეცემთ, ის ჭამის შემდეგ იმავე ბგერის მიცემაზე დადებით რეაქციას მოგვცემს.

ცდის მრავალჯერადი გამეორებით კი ცხოველებს აღებულ ბგერაზე უფითარდებათ სხვადასხვა ფორმისა და ინტენსივობის პირობითი უარყოფითი რეაქცია, რომელიც ზოგ ცხოველს ოთახის კარისაკენ გაქცევით გამოეხატა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 7.7.1961)

დაამუშავებულ ლიტერატურა

1. И. С. Бериташвили. О нервных механизмах пространственной ориентации высших позвоночных животных. Изд. АН СССР, 1959.



ანატომია

დ. ნაკაშიძე

ოსტეობლასტოკლასტომების (გიგანტოჯრემოვან სიმსივნეთა) მიკროსტრუქტურის თავისებურებათა პროგნოზული მნიშვნელობის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ტატიშვილმა 15.4.1961)

ოსტეოკლასტომების ჭეშმარიტ სიმსივნედ აღიარების შემდეგ მისი შემდგომი შესწავლის პროცესში წამოიჭრა საკითხები, რომლებიც თანადროულად მოითხოვენ ღრმა გაშუქებას [1]. ერთ-ერთი ამ საკითხთაგანია ოსტეობლასტოკლასტომების მიკროსტრუქტურის თავისებურებათა შესწავლა. რათა ისინი გამოყენებულ იქნენ სიმსივნის შემდგომი ბედ-იღბლის წინასწარ გარკვევისათვის. ეს ამოცანა ასე მწვავედ დაისვა იმასთან დაკავშირებით, რომ უკანასკნელ ხანებში სამედიცინო ლიტერატურაში გახშირდა ოსტეობლასტოკლასტომების ისეთი შემთხვევების გამოქვეყნება, რომლებიც აგრესიულად იზრდებიან, იძლევიან რეციდივებს, ხოლო ხანდახან მეტასტაზებსაც კი შინაგან ორგანოებში, ინარჩუნებენ რა ამავე დროს თავის ჩვეულებრივ ჰისტოსტრუქტურას და არ ახასიათებთ ავთვისებიანობის არავითარი ნიშანი.

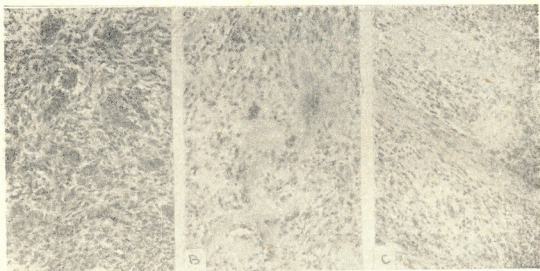
აღნიშნული თავისებურება საფუძვლად დაედო ცდას, რომ გარკვეული ჰისტოლოგიური ნიშნების მიხედვით დაგვედგინა ამ სიმსივნეთა აგრესიულობის ხარისხი. ოსტეობლასტოკლასტომების მორფოლოგიური შესწავლისას ამ სტრუქტურულ თავისებურებათა ანუ ვარიანტების განსაზღვრა ზედმიწევნით მნიშვნელოვანია დაავადების შემდგომი განვითარების პროგნოზის დადგენისათვის.

ოსტეობლასტოკლასტომის შეცნობის მოცემულ ეტაპზე კლინიციკტებს უკვე არ აკმაყოფილებთ მარტო ოსტეობლასტოკლასტომების დიაგნოზი: აუცილებელია მათ განკარგულებაში იყოს აგრეთვე სტრუქტურული ვარიანტი, რომლის აგებულებასაც შეეძლოს წინასწარ დაადგინოს დაავადების შემდგომი ბედი, რითაც მათ მიეცემათ მკურნალობის რაციონალური და ეფექტური მეთოდის შერჩევის საშუალება.

ამ მიმართულებით უკვე წარმოებს მუშაობა და გარკვეული წარმატებაც მოიპოვება. სიმსივნის აგრესიულობის ხარისხის განსასაზღვრავად შემუშავებულია სათანადო სქემები. მათ შორის უფრო გავრცელებულია ი ა ფ ე ს, ლ ი ხ ტ ე ნ შ ტ ე ი ნ ის ა და პ ო რ ტ ის ის სქემა [3], ერთი მხრივ, და დ ე ლ ა რ უ-

სა და დენუას სქემა, მეორე მხრივ, აღნიშნული სქემები აგებულია სხვადასხვა ჰისტოლოგიურ სტრუქტურებზე.

იაფეს, ლიხტენშტიინისა და პორტისის სქემას საფუძვლად უძევს მხოლოდ ერთბირთვიანი სიმსივნური უჯრედის მორფოლოგიური თავისებურებანი; იგი არ ღებულობს მხედველობაში ოსტეობლასტოკლასტომებში შეძავალი სხვა ელემენტების მორფოლოგიურ თავისებურებებს, რაც, თავისთავად ცხადია, უარყოფით როლს თამაშობს ამ სქემის მიხედვით დაავადების სწორი პროგნოზის დადგენის საქმეში.



სურ. 1

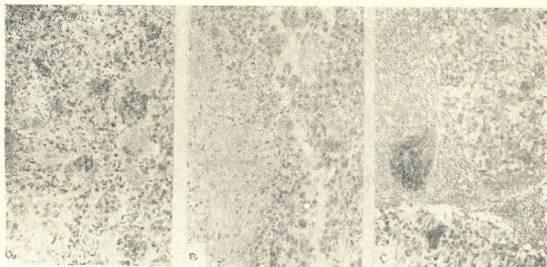
ოსტეობლასტოკლასტომების პირველი ვარიანტის მიკროფოტოგრაფები (გადიდება 15×8): *ა*—ოსტეობლასტური და ოსტეოკლასტური ელემენტები სიმსივნეში, *ბ*—უხვად განვითარებული ახალგაზრდა ძელოვანი ხაირიები სიმსივნეში, *ც*—კარგად გამოსახული ფიბროზი

ეს ხარვეზი საგრძნობლადაა შევსებული დელარუსა და დენუას სქემაში. მიკროსტრუქტურულ თავისებურებათა მიხედვით მათ მიერ ოსტეობლასტოკლასტომები გაყოფილია ორ ჯგუფად. პირველი ჯგუფი შეიცავს რეგრესიულ სიმსივნეებს, რომელთა სახით ავტორები გულისხმობენ დიფერენციულ (მწიფე) ოსტეობლასტოკლასტომების ფორმებს. ხოლო მეორე — ექსტენსიურ (სწრაფად მზარდ) სიმსივნეს, რომელსაც თან ახლავს ჰემორაგიები, სისხლის ქარღვებით წარმოქმნილი ლაკუნები და ნეკროზები.

ზემოხსენებული ამოცანის გადაწყვეტის ხელისშეწყობის მიზნით ჩვენს მიერ საქართველოს სსრ ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს ტრავმატოლოგიისა და ორთოპედიის სამეცნიერო-საკვლევო ინსტიტუტის პათოლოგიური ანატომიის ლაბორატორიაში ჩატარდა ოსტეობლასტოკლასტომების 43 შემთხვევის ოპერაციულ-ბიოფსიური მასალის მკრო-მიკრომორფოლოგიური შესწავლა; ამათგან 40 შემთხვევაში იყო კეთილთვისებიანი ოსტეობლასტოკ-

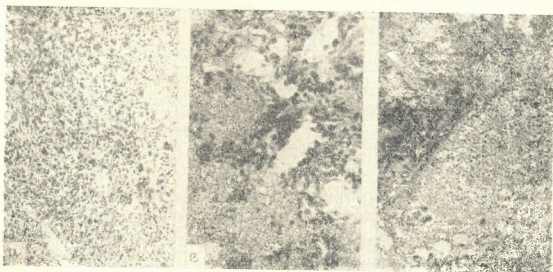


ლასტომა (მასში შეყვანილია ძვლის ცისტების 11 შემთხვევა), ხოლო 3 შემთხვევაში — ავთვისებიანი ოსტეობლასტოკლასტომა.



სურ. 2

ოსტეობლასტოკლასტომების მეორე ვარიანტის მიკროფოტოგრაფები (15×8):  
*a*—დიდი ოსტეოკლასტები არამკვეთრად გამოხატული საზღვრებით, *b*—დანეკრო-  
ზებული უბნები, *c*—ერითროციტების დიდი ველები და მათში სიმსივნური  
უჯრედები



სურ. 3

ოსტეობლასტოკლასტომების მესამე ვარიანტის მიკროფოტოგრაფები (15×8):  
*a*—ოსტეობლასტური ელემენტების მკვეთრი ატიპიზმი მიტოზების დიდი რაოდენობით, *b*—სიმსივნურ ელემენტებს შორის ძვლოვანი ხარისხების ატიპური, აფუნქციონალური გაზრდა, *c*—ერითროციტების გროვები, გამოფენილი სიმსივნური ელემენტებით



მაკრომორფოლოგიური გამოკვლევის ობიექტი იყო 4 შემთხვევაში სიმსივნით დაზიანებული რეზექტირებული ძვალი (ამათგან ორ შემთხვევაში შემდგომ გაკეთებული იყო კიდურთა ამპუტაცია), დანარჩენ 39 შემთხვევაში კი ამოფხეკილი სიმსივნის ნაჭრები და სიმსივნური კვანძები მთლიანად. ეს შემთხვევები სქესის, ასაკისა და ლოკალიზაციის მიხედვით ნაწილდება ლიტერატურაში არსებულ მონაცემთა შესატყვისად და ამიტომ მათზე არ შევჩერდებით.

საკუთარი მასალის მიკრომორფოლოგიური შესწავლით (შეისწავლებოდა მთელი გამოგზავნილი მასალა), სიმსივნის სტრომასა და პარენქიმაში შემავალი მორფოლოგიური ელემენტების თავისებურებათა კომპლექსის, დაავადებათა კლინიკური მიმდინარეობისა და შორეული შედეგების ურთიერთშერწყმისა და შედარების საფუძველზე მოგვეცა საშუალება გამოგვეყო ოსტეობლასტოკლასტომათა სამი მიკროსტრუქტურული ვარიანტი.

პირველ ვარიანტში, შევიდა ჩვენი შემთხვევების უდიდესი ნაწილი (23 დაკვირვება). სიმსივნეების ეს ჯგუფი შემდეგი თავისებურებებით ხასიათდება. ოსტეობლასტები სივრცეში არიან გაწეული, მათ ბირთვებს მუშტუკისებრი ფორმა აქვთ, ღარიბი არიან ქრომატინით. ბირთვაკი კარგად ისახება და ცენტრალური მდებარეობა აქვს. ოსტეოკლასტები საშუალო ზომისაა (უმეტესად მცირე ოდენობისა), საშუალოდ შეიცავენ 5-დან 10 ბირთვს. მათი პროტოპლაზმა წვრილმარცვლოვანია. მათი საზღვრები მკვეთრად არის გამოხატული (სურ. 1ა). მიტოზები, როგორც წესი, თითქმის არ გვხვდება.

ზოგიერთ შემთხვევაში სიმსივნის პერიფერიულ ნაწილებში ძვლის ახლად წარმოქმნა აღინიშნება. ასეთ უბნებში ოსტეობლასტების ელემენტებს წორის უხვადაა განვითარებული ახალგაზრდა ძვლოვანი ხარისხების ქსელი (სურ. 1ბ).

სიმსივნის ცენტრალურ ნაწილებში სისხლის ძარღვები არ აღინიშნება. ხშირად ვხვდებით სისხლის გუბეებს, რომლებიც გარშემოვლებულია არა ენდოთელური უჯრედებით, როგორც ეს უნდა იყოს სისხლის ძარღვებში, არამედ ერთ- და მრავალბირთვიანი სიმსივნური უჯრედებით. ალავალავ სიმსივნურ ქსოვილში აღინიშნება სეროზული და სისხლიანი ცისტები. ძვლის შექმნის ადგილებში ხშირად აღინიშნება ფიბრობლასტის ტიპის თითისტარისებრი უჯრედები, რომლებიც ლავდებიან უხვად გამრავლებულ, პარალელურად განლაგებულ კოლაგენურ ბოჭკოებს შორის (სურ. 1ც).

ზოგ შემთხვევებში ვხვდებით ქსანტომატური უჯრედების უბნებს — ეს არის ქაფიანი პროტოპლაზმის მქონე ნათელი, შედარებით მოდილო უჯრედები. ზემოხსენებული მიკრომორფოლოგიური ცვლილებების შემცველი შემთხვევების შეფარდებამ ოპერაციის შემდგომ მდგომარეობასა და დაავადების შორეულ შედეგებთან მოგვეცა საშუალება დავედგინა, რომ მსგავსი ჰისტოპათოლოგიის მქონე სიმსივნეები კლინიკურად კეთილთვისებიანად მიმდინარეობენ: ნელა იზრდებიან, სიმსივნის ამოკვეთის შემდეგ ძალზე იშვიათად იძლევიან რეციდივებს მაშინაც კი, როდესაც კეთდება მისი გამოფხეკა.

ჩვენს მასალაში ამ ჯგუფის სიმსივნეებში რეციდივს ადგილი ჰქონდა მხოლოდ 2 შემთხვევაში, რასაც სიმსივნის არარადიკალურ ამოკვეთას ვუკავშირებთ.

რეციდიული სიმსივნეების ამოკვეთიდან გავიდა ერთ შემთხვევაში 11 წელი, ხოლო მეორეში — 6 წელი და ავადმყოფები თავს კარგად გრძნობენ. ორ სხვა შემთხვევაში სიმსივნე, ლოკალიზდებოდა რა მალეებში, მთლიანად ვერ იქნა ამოკვეთილი, მაგრამ ოპერაციის შემდეგ ერთ შემთხვევაში 5 წლის, ხოლო მეორეში 8 წლის შემდეგ გაუარესება არ შეიმჩნევა. უკანასკნელი ორი შემთხვევა ნათელჰყოფს, რომ ახალგაიური აგებულების ოსტეობლასტოკლასტომები ძალიან ნელა იზრდება და, მაშასადამე, ამ ჯგუფის სიმსივნეები ბიოლოგიურათ ნაკლებად აქტიური არიან.

პირველსავე ჯგუფში, მიკრომორფოლოგიური აგებულების მიხედვით, უნდა შევიდნენ აგრეთვე ძვლოვანი ცისტებიც (11 დაკვირვება), რადგან მათი მიკროსკოპული აღნაგობა შეესაბამება სიმსივნეთა ამ ჯგუფს.

შორეული შედეგები პირველი ოპერაციის შემდეგ მოგვეპოვება 34 შემთხვევიდან 15 შემთხვევაში, ვადებში: 2 წლამდე — 1 შემთხვევა, 2-დან 4 წლამდე — 5, 6-დან 8 წლამდე — 5, 10-დან 11 წლამდე — 4.

მეორე ვარიანტი ოსტეობლასტოკლასტომების მიკროსკოპული შენებისა, ჩვენს მასალის მიხედვით ხასიათდება მიკროსტრუქტურულ თავისებურებათა შემდეგი კომპლექსით: ოსტეობლასტები უპირატესად მომრგვალო ან პოლიმორფულია (ზოგ შემთხვევაში ოსტეობლასტური ელემენტები გაწეული არიან სივრცეში, ზოგჯერ კი მომრგვალო ფორმისა). ისინი წვნიანია. მათი ბირთვები ბლუტუკისებრი ფორმისაა, ხშირად ჰიპერქრომულია, ბირთვს ცენტრალური მდებარეობა აქვს. ერთბირთვიანი ოსტეობლასტის ტიპის უჯრედებში არც თუ ისე იშვიათად გვხვდება ტიპური მიტოზები. ოსტეოკლასტები დიდი ოდენობისაა, ხშირად დიდი რაოდენობით შეიცავს ბირთვებს (საშუალოდ 20-დან 40-მდე) გაშლილი, არამკვეთრად შემოფარგული საზღვრებით, რომლებიც ხანდახან ტოვებენ შთაბეჭდილებას, თითქოს ისინი ერთდებიან (სურ. 2a). მათი პროტოპლაზმა წვრილმარცვლიანია, ხშირად შეიცავს ვაკუოლებს; მათი კონტურები იშლებიან ტალღისებურად, უბის გაჩენით რომელიმე მხრისაკენ [2]. ზოგ შემთხვევაში ჩანს დანეკროზებული უბნები (სურ. 2b). ძვლის ახალ წარმოქმნას ან სულ არ აქვს ადგილი, ან მეტად სუსტადაა გამოხატული. აღინიშნება ღრუები, რომლებიც ამოვსებულია სისხლით, ხოლო ხანდახან — ერთროციტების გროვების უშველებელი ველები, რომლებშიც თითქოს „ბანაობენ“ ერთბირთვიანი და მრავალბირთვიანი სიმსივნეების უჯრედები (სურ. 2c).

სიმსივნის პერიფერიულ ნაწილებში გვხვდება შედარებით ნორმალური შენების სისხლის ძარღვები. სტრომა გამოხატულია სუსტად. ფიბროზის მოვლენები სიმსივნეში, როგორც წესი, არ ჩანს.

აღნიშნული მიკროსტრუქტურის მქონე სიმსივნე ჩვენს მასალაში იყო 6, რომლებიც კლინიკურად შემდეგნაირად ვლინდებოდნენ: — ორ შემთხვევაში

იგი ჩაიხარდა რბილ ქსოვილში; — ორ შემთხვევაში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სამჯერ მოგვცა რეციდივი (ერთ შემთხვევაში ავადმყოფის დაავადების ხანგრძლივობაა 9 წელი, მესამე ოპერაციის შემდეგ იმყოფება მძიმე მდგომარეობაში; მეორეში — 5 წლის მანძილზე კულუსუნის, გავისა და ძვლის სიმსივნე ჩაიხარდა რბილ ქსოვილში და სწორ ნაწლავში; ავადმყოფი უმძიმეს მდგომარეობაში გაეწერა კლინიკიდან 8 წლის წინათ); ერთ შემთხვევაში სიმსივნემ განიცადა სწრაფი ზრდა ორსულობისა და ლაქტაციის პერიოდში და 3 თვეში დიდ ოდენობას მიაღწია; ოპერაციიდან გავიდა 9 წელი და ამჟამად ავადმყოფი თავს დამაკმაყოფილებლად გრძნობს. ერთ შემთხვევაში 5 წლის სიმსივნემ პირველი ოპერაციიდან 9 თვის შემდეგ მოგვცა რეციდივი და რბილ ქსოვილებში დიფუზიური ჩაზრდა; რეციდიულ კერაში კეთილთვისებიანი ოსტეობლასტოკლასტომის ფონზე ავადმყოფს აღმოაჩნდა თითისტარა უჭრედოვანი სარკომა — მოხდა დიდხანს კეთილთვისებიანად მიმდინარე ოსტეობლასტოკლასტომის გაავთვისებინება. ავადმყოფი გარდაიცვალა ფილტვში მეტასტაზისაგან ოპერაციიდან ერთი წლის შემდეგ.

ამგვარად, ოსტეობლასტოკლასტომები, რომლებიც მიკროსტრუქტურის თავისებურებითა მეორე ვარიანტს მიეკუთვნებიან, ხასიათდებიან სწრაფი ზრდით, ხშირად იძლევიან რეციდივს (6-დან 3 შემთხვევაში), ხოლო ზოგჯერ, ძალზე იშვიათად, გაავთვისებიანდება კიდევ (1 შემთხვევა). შორეული შედეგები ცნობილია 5 შემთხვევაში. ამათგან: 1,5 წლამდე 2 შემთხვევაში — ავადმყოფები თავს გრძნობენ დამაკმაყოფილებლად; 5 წლამდე — 1 შემთხვევაში — ავადმყოფი გარდაიცვალა თითისტარი უჭრედოვანი სარკომის ფილტვში მეტასტაზისაგან; 9 წლამდე — 2 შემთხვევაში, ერთი მათგანი იმყოფება მძიმე მდგომარეობაში, მეორე თავს გრძნობს დამაკმაყოფილებლად. სიმსივნემ განიცადა სწრაფი ზრდა მხოლოდ ორსულობისა და ლაქტაციის პერიოდში.

მესამე ვარიანტში ვათავსებთ ტიპურ ათვისებთან ოსტეობლასტოკლასტომებს (3 დავირვება), რომელთაც ახასიათებთ შემდეგი მიკროსკოპული სურათი: ოსტეობლასტური ელემენტების მკვეთრი ატიპიზმი ბირთვების ჰიპერქრომატიზმით და ატიპური მიტოზების დიდი რაოდენობით (სურ. 3ა).

ოსტეოკლასტები სხვადასხვა ზომისაა, დიდი ოსტეოკლასტების საზღვრები გაშლილია და ბირთვების დიდ რაოდენობას შეიცავს. ზოგჯერ შეიმჩნევა აფუნქციონალური, ატიპური ძვლოვანი ხარისხების ზრდა (სურ. 3ბ).

სტრომა გამოსახულია ძალიან სუსტად. შენარჩუნებულია ოსტეობლასტოკლასტომებისათვის დამახასიათებელი სისხლის მიმოქცევის თავისებურება — სისხლის ძარღვები არ ჩანს. მათ ნაცვლად გვხვდება სიმსივნური უჭრედებით გამოფენილი ერთროციტების ველები (სურ. 3ც). ეს უკანასკნელი თავისებურება ძირითადად განასხვავებს მათ ოსტეოგენური სარკომებისაგან. კლინიკურად ისინი მიმდინარეობენ როგორც სარკომები (3 შემთხვევიდან ორი ავადმყოფი გარდაიცვალა — ერთი მეტასტაზისაგან ფილტვებში 10 თვის შემდეგ ბარძაყის მოკვეთიდან, ხოლო მეორე ავადმყოფის სიკვდილის მიზეზი არაა დადგენილი; მესამე ავადმყოფს დაავადებიდან 9 თვის



შემდეგ გაუქვთა ოპერაცია — გულ-მკერდის მალეების სიმსივნის ნაწილობრივი ამოკვეთა: ვავიდა ორი თვე და ავადმყოფი უმძიმეს მდგომარეობაშია).

ჩვენი მიკრომორფოლოგიური მონაცემების საფუძველზე არ შეგვიძლია დავადგინოთ, ამ ჯგუფის სიმსივნეები თავიდანვე იყო ავთვისებიანი, თუ შემდეგ პროცესის დინამიკაში მოხდა მათი ვაავთვისებიანება. ამიტომ თავს ვიკავებთ ოსტეობლასტოკლასტომების პირველადი ავთვისებიანობის განსაზღვრისაგან და ვუწოდებთ მათ ავთვისებიანებს.

ზოგად ონკოლოგიაში კანონზომიერადაა მიჩნეული, რომ რაც ნაკლებად აღიფერენცირებული დედობრივი უჯრედი, რომლის გამოსავალსაც წარმოადგენს შესაფერისი სიმსივნე, მით უფრო აგრესიულია იგი. ეს ბიოლოგიური კანონზომიერება გამოიყენება ოსტეობლასტოკლასტომების მიმართაც. ოსტეობლასტური და ოსტეოკლასტური ელემენტები პირველ და მეორე ვარიანტებში ასახავენ სიმსივნური უჯრედის განვითარების სხვადასხვა სტადიას. ასე, ოსტეობლასტები და ოსტეოკლასტები, რომლებიც შედიან ოსტეობლასტოკლასტომების პირველ სტრუქტურულ ვარიანტში, უფრო დიფერენცირებულია და მწიფეა, ვიდრე მეორე ვარიანტში შემაჯალნი.

ჩვენ მიერ ცალკეულ ვარიანტებად გამოყოფილი მიკროსტრუქტურული თავისებურებანი, ცხადია, მოითხოვენ შემდგომ დამუშავებას დიდი ფაქტობრივი მასალის საფუძველზე. მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მათ ამ სახითაც აქვთ გარკვეული პრაქტიკული მნიშვნელობა მკუთნალობის რაციონალური მეთოდის შერჩევის თვალსაზრისით.

დასკვნები

1. ოსტეობლასტოკლასტომების სტრუქტურული ვარიანტების არსებული სქემები თუ დაყოფები, რომლებიც ემყარებიან მათი აგრესიულობის ხარისხს, არ არიან სრულყოფილი (ვანსაკუთრებით იაფესა და სხვ. სქემა), რადგანაც ისინი კომპლექსში არ იღებენ მხედველობაში ოსტეობლასტოკლასტომების ცალკეული მორფოლოგიური ელემენტების ურთიერთკავშირსა და ურთიერთდამოკიდებულებას.
2. ოსტეობლასტოკლასტომების აგებულების სტრუქტურული ვარიანტები უნდა გამოიყოს სიმსივნის სტრომისა და პარენქიმის სტრუქტურულ თავისებურებათა კომპლექსის, სიმსივნური პროცესის ზრდის ხასიათის, დაავადების კლინიკური მიმდინარეობისა და მკურნალობის შორეული შედეგების საფუძველზე. დაავადების გამოსავლის პროგნოზის პრობლემის გადაწყვეტის ასეთი გზა ყველაზე საიმედოდ და, ამგვარად, პერსპექტიულად მიგვაჩნია.
3. აქედან გამომდინარე, ჩვენ ვარჩევთ ოსტეობლასტოკლასტომების სამ ვარიანტს: პირველი ვარიანტი წარმოდგენილია უპირატესად სივრცეში გაწეული ოსტეობლასტებით, მცირე ზომის ოსტეოკლასტები მკვეთრად შემოსაზღვრულია, სიმსივნეს ხშირად ახლავს ფიბროზი, ქსანტომატოზი და ძვლის უბვი წარმოქმნა. ეს ვარიანტი კლინიკურად ხასიათდება კეთილთვისებიანი მიმდინარეობით.



რებით: სიმსივნე ძალიან ნელა იზრდება, რეციდივებს იძლევა განსაკუთრებულ შემთხვევებში და მისი ზრდა არ ჩქარდება მაშინაც კი, როცა სიმსივნე რაიმე მიზეზის გამო ამოკვეთილია მხოლოდ ნაწილობრივ. მეორე ვარიანტი ხასიათდება უპირატესად მომრგვალო ფორმის ოსტეობლასტებით, ზოგჯერ პოლიმორფიზმით; მათი ბირთვები ალავ ჰიპერერომულია. ისინი წვნიანია, მათში ვეხვდება მიტოზები. ოსტეოკლასტები დიდი ზომისაა, დაბინდული საზღვრებით, არსებული სისხლის დიდი „ჭაობები“ შეიცავენ სიმსივნურ უჯრედებს. სიმსივნეში არაიშვიათია ნეკროზები. ოსტეობლასტოკლასტომების ეს ვარიანტი კლინიკურად განირჩევა სწრაფი ზრდით, ხშირად ჩაიზრდება რბილ ქსოვილში, იძლევა რეციდივებს (განმეორებით). უიშვიათეს შემთხვევებში გაავთვისებიანდება კიდევ. მესამე ვარიანტი წარმოადგენს ავთვისებიან ოსტეობლასტოკლასტომებს, რომლებიც კლინიკურად ისე მიმდინარეობენ, როგორც სარკომა.

საქართველოს სსრ ჯანმრთელობის დაცვის  
 სამინისტროს ტრავმატოლოგიისა და  
 ორთოპედიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვლიდა 15.4.1961)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. П. Виноградова. История учения об остеобластокластомах и вопросы их номенклатуры. Тезисы докл. симпозиума по вопросам патол. анатомии, клиники лечения и исходов остеобластокластом, 30—31 мая, Москва, 1960. стр. 3—4.
2. А. В. Русаков. Руководство по патологической анатомии, т. V. Медгиз, 1959.
3. L. Lichtenstein, H. Jaffe and R. Portis. Giant cell tumor of bone, its pathologic appearance, grading, supposed variants out treatment, Arch. Pathol 30, 993—1031, 1940.



კლინიკური მიღწევა

ლ. ჟღენტბი

უპულსო დაავადების შემთხვევა

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ტატიშვილმა 28.9.1960)

ჩვენი შემთხვევის აღწერა ეხება იშვიათ და საინტერესო დაავადებას, რო-  
მელიც ლიტერატურაში ცნობილია სხვადასხვა სახელწოდებით, როგორცაა:  
„უპულსო დაავადება“, „აორტის რკალის სინდრომი“, „ტაკაიასის დაავადება“,  
„აორტის რკალიდან გამომავალი არტერიების ობლიტერაციული თრომბანგი-  
ტი“ და სხვა.

ამ დაავადების კლინიკური აღწერის მიზანი იმაში მდგომარეობს, რომ იგა  
ჯერ კიდევ ნაკლებად შესწავლილი დაავადებაა და არ არის ცნობილი ფართო  
საექიმო საზოგადოებისათვის.

ეს დაავადება პირველად აღწერა იაპონელმა ოფტალმოლოგმა ტაკაიასა-  
მა 1908 წელს, რომელსაც შემდგომ შმიძემ პულისის არარსებობა  
უწოდა, თუმცა არის ცნობები, რომლის მიხედვით უპულსო დაავადება ტაკაიას-  
სამდე, მე-19 საუკუნის II ნახევარში აღწერილი იყო რიგი ავტორების მიერ.

მსოფლიო ლიტერატურაში დღემდე ცნობილია ამ დაავადების 100-მდე  
შემთხვევა. საყურადღებოა ის, რომ შემთხვევათა 2/3 მოდის იაპონელ ავტორებ-  
ზე, მეორე ადგილზეა შვეიცია, დანარჩენ ევროპულ ქვეყნებში აღწერილია მხო-  
ლოდ ერთეული შემთხვევები. საბჭოთა კავშირში ეს დაავადება პირველად აღ-  
წერილია 1955 წელს პროფ. ნ. ანთელავას მიერ; სადღეისოდ კი საბ-  
ჭოურ ლიტერატურაში უკვე დაგროვილია უპულსო დაავადების რამდენიმე  
შემთხვევა.

დაავადების ეტიოლოგია და პათოგენეზი ჯერჯერობით უცნობია. რიგი ავტო-  
რების აზრით, ამ დაავადებას საფუძვლად უდევს რევმატიული ბუნების ინფექ-  
ციური პროცესი ალერგიული რეაქციით. ამიტომ ამ დაავადებას, ავტორთა უმ-  
რავლესობის აზრით, წინ უნდა უძღოდეს ისეთი ინფექციები, როგორცაა: ქრო-  
ნიკული ტონზილიტი, ქუნთოლუმა, ჰეპატიტი და სხვა; ტაკაიასის დაავადება ქრო-  
ნიკული დაავადებაა, რომლითაც უფრო ხშირად ახალგაზრდა ქალები ავადდე-  
ბიან, მეგრამ არის შემთხვევები, როდესაც ავადმყოფობა 45-65 წლის ასაკშიც  
გვხვდება.

დაავადების მთავარ სიმპტომად ითვლება პულისის შესუსტება, ხოლო შემ-  
დგომ მისი მთლიანად გაქრობა აორტის რკალიდან გამომავალ მსხვილ სისხლის  
მილებში, უმთავრესად საძილე, უსახელო, სხივის, ლავიწვევა არტერიებში.  
პულისი არ არის უფრო ხშირად ორივე ზემო კიდურზე, არტერიული წნევა არ

იზომება. ზოგ შემთხვევაში პროცესში შეიძლება ჩაეთრიოს ქვემო კიდურის სისხლის მიღებიც.

ავადმყოფები დაავადების დასაწყისში უჩივიან: მესხიერების დაქვეითებას, კიდურების სისუსტესა და ტკივილს, თავის ტკივილს, თავბრუსხვევას, ადვილად დაღლას, მხედველობის დაქვეითებას, გულის ფრიალს.

არტერიული წნევა დაზიანებულ სისხლის მიღებში არ იზომება, ოსცილაცია მცირეა, ამავე დროს არტერიული წნევა იმ სისხლის მიღებში, სადაც პათოლოგიური პროცესი არ არის, აწეულია. ხშირია სახისა და კიდურების კანის ტროფიკული ცვლილებები, ავადმყოფებს აღენიშნებათ სუბფერტილური  $+$ , მაღალი ედრ, ლეიკოციტოზი.

ხშირად ვხვდებით პათოლოგიურ ცვლილებებს თვალის მხრივ, რაც აიხსნება ქრონიკული იშემიით სისხლძარღვთა ნაკლოვანების გამო. დაავადების დასაწყის სტადიაში აღინიშნება თვალის ნაპრალის შევიწროება, რქოვანა გარსის შემღვრევა, კატრრაქტა, ფერადი გარსის ატროფია. თვალის ფსკერზე აღინიშნება არტერიების შევიწროება და ვენების გაგანიერება, ზოგჯერ ანევრიზმა. ყოველივე ამის გამო მხედველობა დაავადების დასაწყისში სუსტდება, ხოლო 2-4 წლის შემდგომ მხედველობა ძლიერ ქვეითდება, ზოგჯერ ავადმყოფი ბრმაედება.

ზემოთ ჩამოთვლილი დაავადების კლინიკური სიმპტომები პათოლოგიური პროცესის გავრცელების მიხედვით ასეა: 1-3 მარჯვენა მიხედვით, დაყოფილია 4 ძირითად ჯგუფად:

I ჯგუფი — სიმპტომები გამოწვეულია სხეულის ზემო ნაწილის იშემიით. აქ შედის ცერებრული მოვლენები და პულსის გაქრობა ზემო კიდურებში.

II ჯგუფი — კოლატერალური სისხლის მიმოქცევის სიმპტომები. გულმკერდზე და ზურგზე კოლატერალური ქსელის განვითარება. გულმკერდის რენტგენოგრაფიაზე ნეკნების ქვ. კიდებზე ამონაქდევები.

III ჯგუფი — სიმპტომები, რომლებიც დაკავშირებულია კაროტიდული სინუსის ცვლილებებთან. გონების დაკარგვა კაროტიდულ სინუსზე, ხელის დაქერით.

IV ჯგუფში შედის კარდიო-ვასკულარული სიმპტომები: ტაქიკარდია და ზოგჯერ დაუზიანებელ სისხლის მიღებში არტერიული ჰიპერტონია.

დაავადების ამგვარი ხასიათის დაჯგუფებას იძლევიან სხვა ავტორებიც. დაავადების ხანგრძლივობა 10-14 წელია, სიკვდილი, როგორც წესი, ხდება ტვინის იშემიის გამო, რომელიც გამოწვეულია საძილე არტერიის დაცობით ან ტვინისა და თირკმლების ნაკლოვანებით.

ასეთ ავადმყოფთა ჰისტო-მორფოლოგიური გამოკვლევა იძლევა აორტის რკალისა და მსხვილ სისხლის მიღებში არტერიიტის სურათს, საკმაოდ გამოხატული ინფილტრაციით სისხლის მიღების ყველა შრეში. ქალას შიგნითა სისხლის მიღებში კი პათოლოგიური ცვლილებები არ აღინიშნება.

ავადმყოფი გ. შ., 50 წლის, ბიოქიმიკოსი, შემოვიდა კარდიოლოგიის ინსტიტუტის სტაციონარში 1958 წლის 16 დეკემბერს ჩივილებით: თავის ტკივილი

გულის ფრიალი, ქვედა კიდურებში სისუსტის შეგრძნება, მხედველობის დაქვეითება.

ოთხი თვის წინათ ავადმყოფმა პირველად შეამჩნია ძლიერი სისუსტე ქვედა კიდურებში მოძრაობის დროს და თავის ტკივილი, რომელსაც ერთი თვის განმავლობაში დაემატა ზემოთ აღნიშნული ჩივილები. ავადმყოფმა მიმართა ექიმს. ამ დროისათვის, როგორც ავადმყოფი გადმოგვცემს, მას ესინჯებოდა პულსი, სისხლის წნევა აღმოჩენილა 110/70mmHg. ერთი თვის შემდეგ ავმა განმეორებით მიმართა ექიმს. განმეორებით გასინჯვისას ექიმებმა ვერ შეიგრძნეს პულსაცია ვერც სხვიის და ვერც მხრის არტერიაზე, აგრეთვე არ მოხერხდა წნევის გაზომვაც. პულსაცია ვერ ნახეს აგრეთვე ტერფის დორზალურ არტერიაზე ორივე მხარეს. ამასთან დაკავშირებით ავადმყოფი მოთავსებულ იქნა რუსთავის საავადმყოფოს თერაპიულ განყოფილებაში, გაეწერა უცვლელი მდგომარეობით. იმავე ჩივილებით მიმართა კარდიოლოგიის ინსტიტუტის დისპანსერს და კლანიკური გამოკვლევის მიზნით მოთავსებულ იქნა ინსტიტუტის სტაციონარში.

ანამნეზიდან საყურადღებოა ჰეპატიტი, რომელიც გადაიტანა 2 წლის წინათ. შორეულ წარსულში—23 წლის ასაკში — ქრონიკული ტონზილიტი (გაკეთებული აქვს ტონზილექტომია). ალკოჰოლიან სასმელებს, თამბაქოს ეტანებოდა ჰარბად.

ავადმყოფი დაბალი ტანის, სწორი აგებულების, ჰიპერსტენიული კონსტიტუციისაა. კანი მკრთალი, კანქვეშა ცხ. ქსოვილი ჰარბად განვითარებული; არათანაბრად განაწილებული (დაგროვილია მუცლის არეში), ფარისებრი ჭირკველი უცვლელია.

პულსი—სხვიისა და მხრის არტერიაზე არ ისინჯება. რამდენჯერმე ძლივს მოხერხდა მისი შეგრძნება მარცხენა სხვიის არტერიაზე. ასევე შეიძლება ითქვას სისხლის წნევაზეც. 1 თვის განმავლობაში სამჯერ მოხერხდა მისი გაზომვა მარცხენა ზემო კიდურზე (90/60). არტერია ტემპორალისზე აღმოჩნდა მომატებული წნევა ( $K = \frac{60}{90} \pm 0,66$ ). პულსაცია არ არის აგრეთვე ტერფის დორზალურ არტერიებზე, ილიისქვეშა, მუხლქვეშა არტერიებზე, პულსი ითვლება არტერია ტემპორალისზე (90'—100').

გული მწოლიარე ტიპის, მარცხენა სახლვარი გადიდებული 1 სმ-ით, ტონები მოყრუებული, აორტა მცირედ გაფართოებული (6,3 სმ).

ოსცილოგრამაზე ოსცილაცია არ აღიბეჭდა და აქვს სწორი ხაზის შესახედაობა, ოსცილომეტრით აღინიშნება მცირე ოსცილაცია. მაქსიმალური ინდექსი 4 მმ მარცხენა ხელზე. მცირე ოსცილაცია იწყება 100-ზე და რჩება ბოლომდე.

კაპილაროსკოპია მარცხენა ხელის მეოთხე თითის ფრჩხილის ბუდეზე—ფონი მკრთალი, კაპილარების რაოდენობა გამრავლებული, ფორმა სწორი (თმის სარკისებური) როგორც არტერიული, ისე ვენური ნაწილი შეეწროებული და სისხლნაკლები.

ვენური წნევა—137 მმ წყ/სვ.



სისხლის დინების დრო — 10" მაგნეზით.

რენტგენოლოგიურად — გული მწოლიარე ტიპისაა. გარდიგარდმოზომები უმნიშვნელოდ მომატებული მარცხ. საზღვ. ხარჯზე; აორტა ზომიერად გაფართოებული.

გულის მარცხ. კონტური ოდნავ გასწორებულია. მთელს მარცხენა კონტურზე პულსაციის ამპლიტუდა ოდნავ ისახება. გულის მარჯვენა კონტური პითქმის მთლიანად შექმნილია წინაგულოვანი კბილებით. ასწვრივ აორტაზე პულსაცია ზომიერად გამოხატულია.

ელექტროკარდიოგრაფია. გულის კუნთის ავტომატიზმის ფუნქციის მოშლა, დისტროფიული ცვლილებები გულის კუნთში.

სისხლის წნევა. თითის არტერიაში 20 მმ.

კანის ტემპერატურა — მარცხენა ფეხზე 3 წუთში — 29°-ზე, მარჯვენაზე — იგივე (ოთახის ტემპ.) 16°.

სისხლის საერთო ანალიზი: ჰემოგლობინი — 90%, ერითროციტები — 500000, ფერადი მაჩვენებელი — 0,9, ლეიკოციტები — 12200, ედრ — 35 მმ, mm/9 ჩხირები — 4%, სეგმენტები 63%, ლიმფოციტები — 23%, მონოციტები — 5%, ეოზინოფილები — 5%, სისხლის წებოვნება — 5,3, თრომბოციტები — 303, 420, ქოლესტერინი — 250 mg%, ლეციტინი — 156mg%, კოფე. — 0,62, ნარჩენი აზოტი სისხლში — 22,2; შაქარი სისხლში — 87,8mg%, პროთრომბინი — 73,2%.

ბილირუბინი. პირდაპირ — უარყოფითი, არაპირდაპირი — 0,64 mg%, ვასერმანი, კანი ციტოქოლი — უარყოფითი.

ურობილინი — ნალვლის პიგმენტების რეაქცია უარყოფითი.

იმისათვის, რომ ჩვენი შემთხვევა ნამდვილად მივაკუთვნოთ ტაკაიასის დაავადებას, საჭიროა დიფერენციალური დიაგნოზის გატარება მსგავს დაავადებებთან.

ობლიტერაციული თრომბანგიტი, რომლითაც უფრო ხშირად ავადდებიან ხანშიშესული მამაკაცები. ვინივარტერ-ბიურგერის დაავადების დროს ჩვეულებრივად ადგილი აქვს წვრილი სისხლის მიღებას საზიანებას კიდურების დისტალურ ნაწილში. პათ. პროცესი უმთავრესად ლეიკალოზდება ქვ. კიდურებში. ასეთი ავადმყოფები უჩივიან კიდურების ძლიერ გაციებას, დამძიმებას, ხანგამოშვებით ძლიერ ტკივილს. ობიექტური გასინჯვისას დაზიანებული კიდური ცივია, კიდურის პერიფერიული ნაწილი ციანოზურია, ხშირია ტროფიული ხასიათის მოშლილობანი, რომლებიც არაშვიათად მთავრდება განგრენით.

ჩვენს შემთხვევაში, მიუხედავად იმისა, რომ კიდურების არტერიებში არ აღენიშნება პულსაცია, მაინც არ არის კიდურების სისხლის მიმოქცევის მოშლის მკაფიო სურათი. ავადმყოფს არ აღენიშნება კიდურების ციანოზი და ტროფიკული ცვლილებები, რაც გვხვდება ბიურგერის დაავადების დროს. ამ შემთხვევაში გვაქვს ერთგვარი დისოციაცია კიდურების სისხლის ძარღვებზე პულსაციის შეუგრძნებლობასა და მათ ფუნქციურ მდგომარეობას შორის, რაც დამახასიათებელია ტაკაიასის დაავადებისათვის. ეს უკანასკნელი ლიტერატურაში ახსნი-

ლია მსხვილი სისხლის მიღების დაზიანების პარალელურად კოლატერალური სისხლის მიმოქცევის ქსელის სწრაფი განვითარებით უპულსო დაავადების დროს.

ჩვენს შემთხვევაში აორტის კოარტკაციაზე ეჭვის მიტანაც კი არ შეიძლება, რადგან ამ დაავადების დროს, თუ ქვედა კიდურებზე ქრება პულსი, სამაგიეროდ იგი ძლიერდება ზედა კიდურებზე, ამავე დროს არ ქვეითდება მხედველობა.

ტაკაიასის დაავადებასთან მსგავსი სურათი შეიძლება მოგვეცეს აგრეთვე ტემპორალური არტერიიტის სინდრომმა, მაგრამ ამ შემთხვევაში პათოლოგიური პროცესი იწყება საფეთქლის არტერიებში. საფეთქლის არტერია არის დაკლავნილი, შეშუპებული. პალპაციით აღინიშნება დაზიანებული სისხლის მილის მტკივნეულობა და კვანძოვანი გამკვრივება. ამის მიხედვით ეს დაავადებაც გამოირიცხულია.

ჩვენს შემთხვევაში ჩივილებიდან გვაქვს: თავის ტკივილი, გულის ფრიალი, ძლიერი სისუსტე ქვ. კიდურებში, მხედველობის დაქვეითება; ობიექტური მონაცემებიდან კი ამ დაავადების მთავარი სიმპტომები: პულსის შეუგრძნობლობა კიდურების მსხვილ სისხლის მილებზე, რის გამოც არ ხერხდება არტერიული წნევის გაზომვა. სისხლის წნევის მომატება დაუზიანებელ სისხლის მილებში (არტ. ტემპორალისზე + 60), აგრეთვე სუბფერბრილური ტემპერატურა და ცვლილებები სისხლის მხრივ, ლეიკოციტოზი, მაღალი ედრ, რაც საეხებით ეთანხმება ლიტერატურულ მონაცემებს.

ამგვარად, ჩვენი შემთხვევის კლინიკური ანალიზი გვაძლევს უფლებას ვიდვიქროთ ტაკაიასის დაავადებაზე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
მ. წინამძღვრიშვილის სახელობის  
კარდიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 28.9.1960)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ა. ც ა ნ ა ვ ა. პულსის არარსებობის (ტაკაიასის სინდრომის) შემთხვევა. საბჭოთა მედიცინა, № 1, 1958, გვ. 33.
2. Н. В. Анте ла ва. Облитерирующий артеринт сосудов, исходящих из дуги аорты (синдром дуги аорты). Вестник хирургии, № 11, 1955, 122—125.
3. С. Ш. А б у г о в а. Болезнь отсутствия пульса (синдром Такаяси). Клин. медицина, № 1, 1957, 112—114.
4. Д. Н. Д жи б л а д з е. Случай болезни отсутствия пульса. Клин. медицина, № 1, 1957, 115—116.
5. X. Н. Му р а т о в а и Т. Л. Ф е д о р о в а. Облитерирующий тромбангинт дуги аорты (болезнь отсутствия пульса). Клин. медицина, № 11, 1958, 101—106.
6. В. В. П р е о б р а ж е н с к и й. Изменения глаз при синдроме темпорального артериита. Вестник офтальмологии, № 3, 1957, 59.
7. E. A s k - U p m a r k. On the „Pulseless Disease“ outside of Japan. Acta med-Scandinavika. V. 149, 1954, 161—178.



ნ. ციციშვილი

რინცხვის ჩაწობრა თვალის სხვადასხვა სისტემაში საშუალო სკოლის V კლასში (11—12 წ.)

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ. ნათაქმე 6.2.1961)

პრობლემა და კვლევის მეთოდი

ამ უკანასკნელ წლებში როგორც საბჭოთა, ისე საზღვარგარეთულ ლიტერატურაში აშკარად დაისვა საკითხი სკოლაში მათემატიკის სწავლების რეფორმის აუცილებლობის შესახებ. ეს აუცილებლობა გამოწვეულია იმ შეუთანხმებლობით, რომელიც ამჟამად არსებობს სასკოლო მათემატიკისა და მეცნიერებისა და ტექნიკის თანამედროვე მოთხოვნათა შორის. თანამედროვე მეცნიერული მათემატიკის განვითარების დონე მოითხოვს მოსწავლეებისაგან მათემატიკური აზროვნების უნარის გამომუშავებას და მათემატიკური ცოდნის დაუფლებას სათანადო ოპერაციების მეშვეობით. ასეთი რეფორმა მათემატიკის სწავლებაში მოითხოვს ფსიქოლოგიურ გამოკვლევებს ამ მიმართულებით და გარკვეული დასკვნების გამოყენებას, თუ რომელ ასაკში რა სირთულის მათემატიკური სტრუქტურის დაუფლებაა შესაძლებელი.

ამ პრობლემის შესასწავლად ჩვენ წინაშე პირველ რიგში დადგა საკითხი—რომელ ასაკში შეძლებს მოსწავლე ჩაწეროს რიცხვი თვლის სხვადასხვა სისტემაში და რა ასაკობრივ თავისებურებებს ექნება ადგილი ამ ოპერაციის დაუფლებაში.

თვლის სისტემებზე ცდები ჩატარებული აქვთ ა. მ ა ტ ი უ შ კ ი ნ ს 1957 წ. [1] და შ. ნ ა დ ი რ ა შ ვ ი ლ ს 1958 წ. მათი მიზანი იყო განზოგადების პროცესის შესწავლა. ამ მიზნით მათ გამოიყენეს თვლის სისტემები.

ცხადია, რომ ჩვენი კვლევის მიზანი არსებითად განსხვავდება ზემოაღნიშნული ავტორების მიზნებისაგან, ამიტომ კვლევის მეთოდიც განსხვავებულია.

ცდებს ვატარებდით შემდეგი სახით:

1 ე ტ ა პ ი. ცდისპირს მოეთხოვება რიცხვის განსაზღვრება. არასწორი განსაზღვრების შემთხვევაში ცდის ხელმძღვანელი აწოდებს მას რიცხვის ისეთ ცნებას, რომელიც შეესაბამება საშუალო სკოლის პროგრამას, სახელდობრ, „რიცხვი რაოდენობის აღმნიშვნელი სიმბოლოა“.

II ე ტ ა პ ი. ცდის ხელმძღვანელი ეუბნება ცდისპირს, რომ ჩვენ, ჩვეულებრივ, რაოდენობას გამოვხატავთ ათობითი სისტემით, ამიტომ რაოდენობის აღსანიშნად გვაქვს 10 სიმბოლო, რომელთაც ციფრები ეწოდება: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. ყველა რიცხვი, ერთნიშნა იქნება ეს, ორნიშნა, თუ სხვ., გამოისახება ან სიმბოლოების მეშვეობით. შემდეგ ცდის ხელმძღვანელი ხაზავს ცბრილს, რომელიც გამოხატავს ამ სისტემის ნაწილს.

ცდის ხელმძღვანელი ახსენებს ცხრილის შედგენის წესს: „მარჯვნიდან პირველ სვეტში თავსდება ერთნიშნა რიცხვები, ანუ „ერთეულები“, და აღანიშნება ერთით. მეორე სვეტში შედის ორნიშნა რიცხვები, დაწყებული ათიდან, ანუ „ათეულები“, მესამეში — სამნიშნა, ანუ „ასეულები“, და ა. შ. ამის შემდეგ ცდის ხელმძღვანელი უცნობიერებს და ამეორებიანებს ცდისპირს, თუ რატომ ეწოდება ამ სისტემას „ათობითი“, ხოლო ორნიშნა, სამნიშნა და ა. შ. რიცხვებს — „ათეულები“, „ასეულები“ და სხვ. შემდეგ ცდის ხელმძღვანელი განსაკუთრებით დაწერილებით უხსნის ცდისპირს პირველი, ყველაზე უმცირესი ორნიშნა რიცხვის 10-ის შედგენის წესს; ცდისპირი იმეორებს, თუ რატომ გამოხატავს 1 და 0 ათს.

ცხრილი 1

| ათასეული<br>$10^3$<br>$10 \times 100$ | ასეული<br>$10^2$<br>$10 \times 10$ | ათეული<br>$10^1$<br>$10 \times 1$ | ერთეული<br>$10^0$<br>1 |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1000                                  | 100                                | 10                                | 1                      |
| 2000                                  | 200                                | 20                                | 2                      |
| 3000                                  | 300                                | 30                                | 3                      |
| 4000                                  | 400                                | 40                                | 4                      |
| 5000                                  | 500                                | 50                                | 5                      |
| 6000                                  | 600                                | 60                                | 6                      |
| 7000                                  | 700                                | 70                                | 7                      |
| 8000                                  | 800                                | 80                                | 8                      |
| 9000                                  | 900                                | 90                                | 9                      |

ცდის ხელმძღვანელი მაგალითებზე ახსენებს ცდისპირს რიცხვის წაკითხვისა და გამოთვლის წესებს. ცდისპირს ეძლევა სამი რიცხვი: 7, 46 და 389. მან უნდა წაკითხოს ეს ერთნიშნა, ორნიშნა და სამნიშნა რიცხვები და თქვას, როგორ გავიგებთ, მაგალითად, რომ 46-ში 4 ათეულია და 6 ერთეული, 389-ში — 3 ასეული, 8 ათეული და 9 ერთეული.

როგორც მეთოდის აღწერიდან ჩანს, ათობითი სისტემის ჩვენებით ცდის ხელმძღვანელი ცდილობს გააგებინოს ცდისპირს, რომ ათობით სისტემაში რიცხვის ჩაწერა ექვემდებარება გარკვეულ ოპერაციებს, რომელიც განისაზღვრება კონკრეტული სისტემისათვის დამახასიათებელი მიმართულებებით.

III ეტაპი. მას შემდეგ, რაც ცდის ხელმძღვანელი დარწმუნდება, რომ ცდისპირმა კარგად გაიხსენა და გააცნობიერა ათობითი სისტემა, იწყება გადასვლა ხუთობით სისტემაზე. ამ ეტაპის მიზანია გაუცნობიეროს ცდისპირს, რომ ათობითი სისტემის გარდა რაოდენობის აღსანიშნავად შეიძლება არსებობდეს სხვა სისტემაც.

ცდის ხელმძღვანელი ეუბნება ცდისპირს: „დაეუშვათ, რაოდენობის აღსანიშნავად ჩვენ გვაქვს არა 10, არამედ 5 სიმბოლო: 0, 1, 2, 3, 4,“. ცდის ხელმძღვანელი ცდისპირთან ერთად ადგენს ხუთობითი სისტემის გამოხატველი ცხრილის ნაწილს.

ყოველ მომენტში ხდება შედარება ათობით სისტემასთან და ამ გზით დგინდება ორნიშნა, სამნიშნა და ა. შ. რიცხვების სახელწოდება. შემდეგ ცდისპირს



მოეთხოვება დაასაბუთოს, რატომ ეწოდება ამ სისტემას „ხუთობითი“ ათობი-  
თისაგან განსხვავებით.

ამის შემდეგ ცდისპირს ევალეზა შეადგინოს პირველი, ყველაზე უმცირესი  
ორნიშნა რიცხვი ხუთობით სისტემაში, ე. ი. გვიჩვენოს, როგორ დაიწერება  
„ხუთი“ ამ სისტემაში.

|                                   |                                  |                                |  |                       |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------|
| 625-ლი<br>$5^4$<br>$1 \times 125$ | 125-ლი<br>$5^3$<br>$5 \times 25$ | 25-ლი<br>$5^2$<br>$5 \times 5$ | 5-ლი <sup>(1)</sup><br>$5^1$<br>$5 \times 1$ | ერთეული<br>$5^0$<br>1 |
|                                   |                                  |                                |  | 0<br>1<br>2<br>3<br>4 |

რადგან აქ მოსალოდნელია „ხუთის“ ჩაწერის სხვადასხვა ვარიანტი, იმის-  
და მიხედვით, თუ როგორი იქნება ცდისპირის პასუხი, მას ეძლევა დამხმარე  
კითხვები. ამ სიძნელის გადალახვის შემდეგ ცდისპირს მოეთხოვება გამოსახოს  
ხუთობით სისტემა ათობითი სისტემის რიცხვები: 7, 46 და 389. ამასთანავე,  
ცდისპირს ევალეზა რიცხვების წაკითხვა ხუთობით სისტემაში.

IV ე ტ ა პ ი. ამ ეტაპის მიზანია გამოარკვიოს, თუ რამდენად შეძლებს  
ცდისპირი წესის განზოგადებას. ცდის ხელმძღვანელი რაოდენობის აღსანიშნა-  
ვად ცდისპირს აძლევს ორ სიმბოლოს: 0 და 1. ცდისპირმა თვითონ უნდა გან-  
საზღვროს და დაასაბუთოს ამ სისტემის სახელწოდება და შეადგინოს ასეთი  
ცხრილი:

|                                 |                                |                               |                               |  |                       |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------|
| 32-ლი<br>$2^5$<br>$2 \times 16$ | 16-ლი<br>$2^4$<br>$2 \times 8$ | 8-ლი<br>$2^3$<br>$2 \times 4$ | 4-ლი<br>$2^2$<br>$2 \times 2$ | 2-ლი <sup>(2)</sup><br>$2^1$<br>$2 \times 1$ | ერთეული<br>$2^0$<br>1 |
|                                 |                                |                               |                               |  | 0<br>1                |

ამის შემდეგ ცდისპირმა დამოუკიდებლად უნდა ჩაწეროს ორობით სის-  
ტემაში რიცხვები, გამოხატული ათობით სისტემაში სიმბოლოებით: 2, 7, 46 და  
389 და წაკითხოს მიღებული რიცხვები.

V ე ტ ა პ ი. განზოგადების მიზნით ცდის ხელმძღვანელი ეკითხება ცდის-  
პირს — რომელ სისტემაში შეიძლება დაიწეროს რიცხვი. გამოხატული ასეთი  
სიმბოლოებით — 143. გარდა ამისა, შესაძარებლად ეძლევა რაოდენობის გა-  
მოსახვის ასეთი ვარიანტები: 1) რაოდენობა ერთიდაიგივეა, გამოსახვა სხვადა-  
სხვა: ათობითში — 7, ხუთობითში — 12 და ორობითში — 111; 2) რაოდენო-  
ბა სხვადასხვაა, გამოსახვა ერთნაირი: ათობითში — 11, ხუთობითში — 11 და

(1) სიმარტივისთვის ათობითი სისტემის ანალოგიურად შესაბამისად ვუწოდოთ ორნიშნა  
რიცხვებს „ხუთეულები“, სამნიშნას—„ოცდახუთეულები“ და ა. შ.

(2) ამ შემთხვევაშიც პირობით ვუწოდოთ ორნიშნა რიცხვებს „ორეულები“ სამნიშნას—  
„ოთხეულები“ და ა. შ.

ორობითში — 11. ორივე შემთხვევაში ცდისპირს ეკითხებიან — რა აქვთ საერთო და რით განსხვავდება ეს სამი რიცხვი ერთმანეთისაგან?

VI ეტაპი. იმის გასაგებად, ჩასწვდა თუ არა საბოლოოდ ცდისპირი რიცხვის ცნებას, რომელსაც ჩვენი ცდა ითვალისწინებს, მას ეძლევა კითხვა — როგორი სიდიდე ყოფილა რაოდენობის გამოსახვა? მუდმივია თუ ცვალებადი? რაზე დამოკიდებული რაოდენობის აღნიშვნა?

### შედგების ანალიზი

I ეტაპი. რიცხვის განსაზღვრება. მონაცემებიდან ირკვევა, რომ V კლასის მოსწავლეებს რიცხვის ცნების შესახებ აქვთ საკმაოდ კონკრეტული წარმოდგენები. ამას ადასტურებს მათი დამახასიათებელი პასუხები, როგორიცაა: „რიცხვი—ციფრა“, „რიცხვი გვეჩვენება ანგარიშისათვის“, „მანძილის გასაზომად“ და სხვ.

ამის შემდეგ ცდის ხელმძღვანელი ასწავლის ცდისპირს რიცხვის განსაზღვრებას („რიცხვი რაოდენობის აღმნიშვნელი სიმბოლოა“) და ამით სულ სხვა გზით წარმართავს ცდისპირს, ე. ი. ასწავლის, რომ რაოდენობის გამოსახვა ხდება გარკვეული წესით. ცდისპირს თავიდანვე ეძლევა ზოგადი მნიშვნელობა, რომლის დაზუსტება ხდება შემდგომ ეტაპებზე. ეს პირველად მიცემული განსაზღვრება გამიზნულია იქითკენ, რომ ფსიქოლოგიურად მოამზადოს ცდისპირი შემდგომი პრობლემისათვის.

II ეტაპი. ათობით სისტემაში ცხრილის შედგენა, რიცხვების წაკითხვა და გამოთვლა. როგორც მონაცემებიდან გამოიკვეა, ყველა ცდისპირი ამ დროს პირველად აცნობიერებს ან იგებს, თუ რატომ ეწოდება ამ სისტემას „ათობითი“, საიდან წარმოდგება ორნიშნა, სამნიშნა და ა. შ. რიცხვების სახელწოდება და, რომ რიცხვის ჩაწერა ემყარება გარკვეულ მიმართებებს. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მიმართებების გარკვევით და გაცნობიერებით მოცემული ოპერაციები კი არ განზოგადდება ამ ეტაპზე, არამედ კონკრეტულად გარკვეულ ათობითი სისტემის ფარგლებშია დაუფლებული, რაც ნათელი ხდება შემდგომი მონაცემების განხილვისას.

III ეტაპი. ხუთობითი სისტემის გაცნობა. ცდის ხელმძღვანელი ცდისპირის აქტიური მონაწილეობით ადგენს ხუთობითი სისტემის გამომხატველი ცხრილის ნაწილს, ადგენს სისტემისა და ორნიშნა, სამნიშნა და ა. შ. რიცხვების სახელწოდებას ათობითი სისტემის ანალოგიით.

პირველი პრობლემა, რომელიც დგება ცდისპირის წინაშე, არის „ხუთის“ ჩაწერა ხუთობით სისტემაში. სწორი პასუხი ამ კითხვაზე, ე. ი. ვაგება, რომ „ხუთი“ იწერება როგორც „10“ ხუთობით სისტემაში, ამ კლასის მოსწავლეთა მონაცემებში არ გვხვდება. ამიტომ მათ ეძლევათ კითხვები, რომელიც გამიზნულია შემდეგი პრობლემით — ხომ არ არის ამ ოპერაციების აბსტრაქცია მიუწვდომელი ამ ასაკისათვის, თუ ის სიძნელე, რომელიც ჩვენ შეგვხვდა, გამოწვეულია ფიქსირებული ჩვენებითა და შეზღუდული ცოდნით?

ვიდრე ამოცანის სწორ გდაწვევტას მიაღწევდნენ, ცდისპირები ცდის ხელმძღვანელის დახმარებით ვაივლიან რიგ საფეხურებს, რომელიც ლოგიკურად სირთულის მიხედვით შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს შემდეგი სახით.

1. „ხუთი“ იწერება როგორც „5“. ცდისპირს ვერ წარმოუდგენია სხვაგვარად ჩაწერა.

2. „ხუთი“ იწერება როგორც „50“, „05“ და სხვა. ის გარემოება, რომ სამბოლო „5“ არ შეიძლება იქნეს გამოყენებული, ცდისპირის მიერ ჯერ არაა გაცნობიერებული.

3. ცდისპირი მიმართავს არითმეტიკულ ოპერაციას: „4+1“, „2+3“, ან ზირუკუ და სხვ.

4. ცდისპირი არ წერს, მაგრამ გულისხმობს ჯამს რიცხვებისას, რომელთა შეკრება იძლევა რაოდენობა „ხუთს“, მაგ. „14“, „23“, „122“ და სხვ.

ეს ორი უკანასკნელი პასუხი გვიჩვენებს, რომ ცდისპირმა მოახერხა ფორმალურად აბსტრაგირება ათობითი სისტემის სიმბოლოებისაგან, მაგრამ ის მნიშვნელობანი, რომელიც მათ აქვთ ათობით სისტემაში, ჯერ კიდევ რჩება მიუწვდომელი. ეს მოწმობს იმას, რომ ცდისპირი ჯერ კიდევ ვერ სწვდება სიმბოლოს შედგენის ოპერაციებს, ე. ი. თვით ოპერაცია თავისთავად აბსტრაგირებული არ არის.

5. ცდისპირი ქმნის ახალ სიმბოლოს ათობითი სისტემისაგან განსასხვავებლად: „0“, ან „01“. ეს პასუხები ცხადყოფს, რომ ამ საფეხურზე ცდისპირები ახდენენ უფრო მაღალი სახის აბსტრაქციას—აბსტრაგირდებიან ამ სიმბოლოთა მნიშვნელობებისაგან. მაგრამ **იმ მიმართებების ჩაწვდომას, რომელიც აპირობებს რიცხვის ჩაწერას ამა თუ იმ სისტემაში, ამ ასაკის მოსწავლეები დამოუკიდებლად ვერ ახერხებენ.**

6. ცდისპირებმა აღარ იციან როგორ მოიქცნენ. ეს არის საფეხური, როდესაც ცდისპირის ვაგებით სიმბოლოს ჯერ კიდევ ერთადერთი მნიშვნელობა გააჩნია, ამასთანავე ისიც ესმის, რომ ამ მნიშვნელობის უბრალო გადმოტანა თვლის სხვა სისტემაში არ შეიძლება, მაგრამ აზრი, რომ ერთსა და იმავე სიმბოლოს შეიძლება სხვადასხვა მნიშვნელობა ჰქონდეს სხვადასხვა სისტემაში, მათთვის მიუწვდომელია.

7. ცდის ბელმძღვანელი დამხმარე კითხვების მეშვეობით ცდილობს აიძულოს ცდისპირი სულ სხვა ასპექტით შეხედოს ამ პრობლემას; ყველა თავისი შესაძლებლობა-ანალიზისა და სინთეზის, აბსტრაქციისა და განზოგადების უნარი — წარმართოს არა სიმბოლოებისა და მათი მნიშვნელობების აბსტრაგირებისაკენ, არამედ თვით ამ სიმბოლოების აგების ოპერატორულ მომენტებზე. ამ კონკრეტულ საფეხურზე ცდისპირს თან სდევს სუბიექტური დაურწმუნებლობა თავის მოქმედებაში, რაც გაპირობებულია ფიქსირებული ჩვევებით.

8. იმაში დასარწმუნებლად, რომ „ხუთი“ იწერება როგორც „10“, ცდისპირს ეძლევა მეორე წესი (იხ. მეთოდი—ნ. ც.).

მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ყველას ეს საფეხური ასეთი თანამიმდევრობით არ გვხვდება თითოეულ ცდისპირთან. ყოველი ცდისპირი იძლევა რამდენიმე საფეხურს მეტ-ნაკლები რაოდენობით და, ამასთანავე, შესაძლოა, ჯერ მოგვეცეს უფრო რთული პასუხი, ხოლო შემდეგ ყველაზე მარტივი, როცა ის გამოუვალ მდგომარეობაშია.

პირველი პასუხის მიხედვით (იხ. ცხრ. 2) ჩანს, რომ მეხუთე კლასის მოსწავლეთა უმრავლესობა უპირატესობას ანიჭებს ჯამს, ე. ი. გაიგებს რა, რომ

სიმბოლო „5“ არ უნდა დაიწეროს, მიმართავს ხერხს, რომლითაც მიიღება რაოდენობა „ხუთი“.

ცხრილი 2

| №<br>№ | „ხუთის“ ჩაწერის<br>სახეობა | ცდისპირთა რაოდენობა |    |
|--------|----------------------------|---------------------|----|
|        |                            | აბს.                | %  |
| 1.     | „5“                        | 2                   | 12 |
| 2.     | „50“, „05“                 | 4                   | 23 |
| 3.     | ჯამის სახით                | 9                   | 53 |
| 4.     | 5×2                        | 1                   | 6  |
| 5.     | „ა“ „01“                   | 1                   | 6  |

ცდის მასალიდან ირკვევა, რომ ამ ასაკში ჭარბობს 3-საფეხურიანი გადაწყვეტა (64, 7%), რომელთა კი ძირითადად წარმოდგენილია ჯამით (53%), ან როგორც „50“, „05“ და ა. შ. (23%).

მიუხედავად იმისა, რომ ახალი ცოდნის მიღება („ხუთი“ იწერება როგორც „10“ ხუთობით სისტემაში) ცდისპირში იწვევს დეზორგანიზებას, ეს ცოდნა მაინც ასრულებს ერთგვარ დადებით როლს, კერძოდ, ამის შემდეგ უკვე რიცხვი ხუთობით სისტემაში არ შეიძლება დაიწეროს ისე, როგორც ის იწერება ათობით სისტემაში.

ცხრილი 3

| №<br>№ | „შვიდის“ ჩაწერის<br>სახეობა | ცდისპირ. რაოდენობა |    |
|--------|-----------------------------|--------------------|----|
|        |                             | აბს.               | %  |
| 1.     | 34(3+4)                     | 1                  | 6  |
| 2.     | 14(7×2)                     | 2                  | 12 |
|        | (17+5)                      | 2                  | 12 |
| 3.     | 12                          | 4                  | 23 |
|        | დახმარებით                  | 8                  | 49 |

მე-2 ცხრილი გვიჩვენებს, რომ ცდისპირთა უმრავლესობა უკვე იძლევა სწორ პასუხს (71%), აქედან 49% — დამოუკიდებლად, 24% — ცდის ხელმძღვანელის დახმარებით. მაგრამ ცდისპირთა პასუხებიდან ირკვევა, რომ მათ (47%) ჯერ კიდევ ბოლომდე არ მოუხდენიათ იმ მიმართებების, ოპერაციების აბსტრაგირება, რომლებიც საფუძვლად უდევს რაოდენობის გამოსახვას. ამას მოწმობს მაგ., ცდისპირის პასუხი: „შვიდი“ იწერება როგორც „12“, რადგან 5+2=7 და ამიტომ ხუთობით სისტემაში იქნება 12(10+2).

ის ფაქტი, რომ მეორე რიცხვის ჩაწერისათვის ცდათა ნაკლები რაოდენობა იყო საჭირო (იხ. ცხრილი 4), გვაფიქრებინებს, რომ აქ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ფიქსირებულ ჩვენებს. მაგრამ ყოველთვის შეიძლება დადგეს საკითხი, რომ ჩვენების ტლანქი ხასიათი უბრალოდ გარეგანი გამოვლენაა ამ სახის აბსტრაქციის მოუმწიფებლობისა. ამაზე პასუხი უნდა მოგვეცეს, ერთი მხრივ, ცდის შემდგომში მიმდინარეობამ და, მეორე მხრივ, მონაცემების შედარებამ მაღალ კლასებში მიღებულ მასალასთან.

ხუთობით სისტემაში ორნიშნა რიცხვის — 46 ჩაწერის მონაცემები გვიჩვენებს, რომ ცდისპირთა ნაწილმა (35%) შეძლო წესის გაგება და გათავისუფლდა ფიქსირებული ათობითი სისტემის გავლენისაგან. მაგრამ 9 ცდისპირის



პასუხი (53%). რომ „46“ იწერება როგორც „91“, გვიჩვენებს, რომ ამ საფეხურზე კვლავ თავს იჩენს ამ ასაკისათვის დამახასიათებელი კონკრეტულობა. ფიქსირებული ცოდნის წინააღმდეგ პირველმა შეტევამ მათთან გამოადიფე-

ცხრილი 4

| №<br>№ | ცდისპირთა რაოდ. |      | საფეხურების<br>რაოდენობა |
|--------|-----------------|------|--------------------------|
|        | აბს.            | %    |                          |
| 1.     | 5               | 29,4 | 2                        |
| 2.     | 12              | 70,6 | 1                        |

რენცირა მხოლოდ ის ფაქტი, რომ მოქმედებები უნდა ჩატარდეს მხოლოდ „ხუთთან“ დაკავშირებით. ცდის ხელმძღვანელის მითითების შემდეგ ეს ცდისპირები უკვე ამ საფეხურზე საესებით ჩასწვდებიან წესს, რასაც მოწმობს ის ფაქტი, რომ სამნიშნა რიცხვს — 389 — ყველა ცდისპირი უშეცდომოდ გამოსახავს ხუთობით სისტემაში.

ხუთობითი სისტემის განმტკიცების მიზნით, ცდისპირს მოეთხოვებოდა ყოველი რიცხვის წაკითხვა ჯერ ათობითა და შემდეგ ხუთობით სისტემაში, რასაც ყველა ცდისპირი უშეცდომოდ და შეუფერხებლად აკეთებდა.

თუ გადავხედავთ თავიდან მიღებულ მასალას, დავინახავთ, რომ ცდისპირთა მიერ გაგება იმისა, რომ ათობითი სისტემის გარდა არსებობს სხვა სისტემაც, გარკვეული პროცენტია. რომელიც გაივლის ეტაპებს, ვიდრე ბავშვი ჩაჩასწვდება აზრს, რომ რაოდენობის აღნიშვნა პირობითია და დამოკიდებულია სიმბოლოთა რაოდენობისაგან.

IV ეტაპი. ცდისპირს მიეცა ორი სიმბოლო: 0 და 1. ამ სისტემის სახელწოდებას და ცხრილს ცდისპირები თვით ადგენენ დამოუკიდებლად და უშეცდომოდ.

პირველი ორნიშნა რიცხვი „ორი“ ცდისპირთა უმრავლესობამ (70%) შეძლო დამოკიდებლად სწორად გამოესახა ორობით სისტემაში, ხოლო „შვიდს“ გამოსახვამ კვლავ გვიჩვენა, რომ ყველა ცდისპირთან წესი საესებით განზოგადებული არ არის. „შვიდი“ იწერება როგორც „13“ ან „31“ (მხოლოდ 18%-მა მოგვცა თავიდანვე სწორი პასუხი). ისევე, როგორც 46-ის გამოსახვა ხუთობით სისტემაში (როგორც „91“) დაკავშირებული იყო „ხუთით“ წარმოებულ ოპერაციებთან, აქაც გამოდიფერენცირდა ოპერაციები ორთან დაკავშირებით. ეს შეცდომა მიგვიითოებს იმაზე, რომ ცდისპირთა მიერ წესის ჩაწვდომა შემოასაზღვრება კონკრეტული მასალით და ყოველი ახალი მასალის მიწოდებისას ისინი ამ წესის განზოგადებას კი არ ახდენენ, რასაც ცდა მოითხოვს, არამედ იმუშავენ წესის კერძო სახეს, რომელიც მოცემულ მასალას ეხება. შესაძლოა, ეს თავისებურება უფრო დაბალი ასაკისათვის იყოს დამახასიათებელი და ამიტომ აქ მხოლოდ მცირე %-ით იჩენს თავს (12).

მაგრამ მესამე რიცხვის — „ორმოცდაექვსის“ გამოსახვა ორობით სისტემაში (101110) გვიჩვენებს, რომ მეხუთე კლასის ყველა მოსწავლის მიერ პრობლემა საბოლოოდ გადაჭრილია. მეოთხე რიცხვი — 389 — ცდისპირებს აღარ მიეცათ, რადგან მისი გამოსახვა ორობით სისტემაში მოუხერხებელი იყო ტექნიკურად და, გარდა ამისა, არ იყო ამის აუცილებლობა, რადგან ბავშვებს უკვე

თავისუფლად შეეძლოთ ყოველგვარი რიცხვის გამოსახვა ამა თუ იმ სისტემაში, რასაც მოწმობს, ერთი მხრივ, ის ფაქტი, რომ შემდეგ საფეხურებზე იზრდება სწორი პასუხების რიცხვი და მცირდება რიცხვის ჩაწერის ვარიაციათა რაოდენობა, ხოლო, მეორე მხრივ, იმავე ცდისპირთა პასუხები შემდგომ კითხვებზე. იმაში დასარწმუნებლად, რომ მეხუთე კლასის მოსწავლეებმა შეძლეს თვალსაზრისის შეცვლა და მაღალი სახის აბსტრაქცია, ე. ი. მიმართებების ჩაწვდომა, რაც საფუძვლად უდევს რაოდენობის აღნიშვნას ამა თუ იმ სისტემაში, ცდისპირებს ეძლევათ განმარტავადებული კითხვები (იხ. მეთოდი — ნ. ც.), რომლებზედაც ყველა ცდისპირი იძლევა სწორ პასუხს. ამ მომენტიდან თამაჟად შეიძლება ითქვას, რომ ცდისპირებს აქვთ რიცხვის ის ცნება, რომელსაც ითვალისწინებს ჩვენი ექსპერიმენტი.

დასკვნები

1. როგორც ჩვენმა ექსპერიმენტულმა მონაცემებმა გვიჩვენა, მეხუთე კლასის მოსწავლეებს შეუძლიათ, შესაბამისი დამხმარე კითხვების მეშვეობით დაეუფლონ რიცხვის ცნებას, ე. ი. უკუაგდონ ტრადიციული გაფიქსირებული თვალსაზრისი, რომელიც გულისხმობს, რომ რიცხვი ყოველთვის ერთისა და იმავე რაოდენობის აღნიშვნელი სიმბოლოა და დადგენ ახალ რელატიურ თვალსაზრისზე, რომლის მიხედვითაც რაოდენობის აღნიშვნა („რიცხვი“) დამოკიდებულია თვლის სისიტემისაგან. ეს მოხდა იმის საფუძველზე, რომ ბავშვმა შეძლო განზოგადება ათობითი სისტემისათვის დამახასიათებელი გარკვეული მიმართებებისა და აბსტრაქტიზება არა მხოლოდ სამოქმედო ობიექტებისა, არამედ თვით მოქმედებისაც, რაც ფსიქოლოგიურად წარმოადგენს აბსტრაქციის უფრო რთულ და უფრო „მაღალ“ ფორმას, რომელიც გულისხმობს სუბიექტის ახალ პოზიციის შექმნასა და „ძველი“, სუბიექტის გამოცდილებით გაფიქსირებული პოზიციის დაძლევას.

2. თუ ჩვენს მონაცემებს განვიხილავთ პედაგოგიურ-პრაქტიკული თვალსაზრისით, მაშინ ცხადი ხდება, რომ გზა — ჯერ შევასწავლოთ მოსწავლეს და შემდეგ შევაგნებინოთ, რომ ეს მხოლოდ ერთ-ერთი კერძო შემთხვევაა რაოდენობის აღნიშვნისა, — მცდარია, რადგან, როგორც ექსპერიმენტმა გვიჩვენა, ფიქსირებული ჩვენები და შეზღუდული ცოდნა აშკარად უშლის ხელს მოსწავლეს ჩასწვდეს ახალ თვალსაზრისს და, კერძოდ, რაოდენობის აღნიშვნის პირობითობას. ამიტომ მიზანშეწონილია, თვლის სისტემათა სწავლება თავიდანვე აიგოს დედუქტიურ პრინციპზე, თვალსაჩინო მასალის გამოყენებით შემუშავდეს ისეთი მეთოდიკა, რომელიც საშუალებას მისცემს მოსწავლეს თავიდანვე დაეუფლოს რაოდენობის აღნიშვნას სხვადასხვა სისტემაში. სწავლების ასეთი მეთოდი ხელს შეუწყობს მოსწავლის ისეთი ცოდნისა და ცნებების დაუფლების განვითარებას, რასაც მოითხოვს მათემატიკური მეცნიერება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
დ. უზნაძის სახელობის ფსიქოლოგიის ინსტიტუტი  
(რედაქციის მოუვიდა 6.2.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. М. М а т ю ш к и н. Зависимость обобщения отношений от процесса анализа. Доклады АПН РСФСР, № 4, 1957.

მთ. რედაქტორი — საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
აკადემიკოსი რ. დვალის

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 3.2.1962; შეკვ. № 80; ანაწილების ზომა 7×11;  
ქალაქის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 8,9,  
საბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 11; უე 02821; ტირაჟი 700

---

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, გ. ტაბიძის ქ. № 3/5  
Типография Издательства Академии Наук Грузинской ССР, ул. Г. Табидзе, № 3/5

0182



გვანი 50 კაბ.

**და მ ტ კ ი ე მ ბ უ ლ ი ა**  
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
პრეზიდიუმის მიერ 31.1.1957 წ.

**დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრის“ შესახებ**

1. „მოაზრეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოაზრეში“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოაზრეში“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 8 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი წლის ნაკვეთები (სულ 6 ნაკვეთი) შედგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.
5. წიტილის მოცულობა ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს; არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოაზრის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს განასახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალად თითოეულ ენაზე, საცვებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, საკვლევებლად წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა სათანადო ენებზე უნდა აღნიშნოს დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თავილდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებზე შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 25-25 ამონაბეჭდი ქართულ და რუსულ ენებზე.

**აკადემიის მისამართი: თბილისი, ძეგლისძის ქ., 8**

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XXVIII, № 2, 1962

Основное, грузинское издание