

529  
1962



საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ე მ ბ ე

გ მ ე მ ბ ე XXVIII, № 3

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1962

მ ა რ ტ ი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა  
თბილისი



# ზ ი ნ ა ა რ ს ი

## მათემატიკა

მ. ბედოევა. წრფივი შეუღლებების ერთი სახის სასაზღვრო ამოცანის შესახებ მოცემული გადაადგილებებით . . . . . 257

## ჰიდრომეტაბიკა

ა. ციციქიშვილი. ფილტრაცია მრუდწირული არხებიდან, როცა სასრულ სიღრმეზე მდებარეობს ძლიერი წყალგატარი ფენა . . . . . 265

## ფიზიკა

ლ. ჯანელიძე, ქ. მანდრიცკაია, თ. შახულაშვილი, თ. ვარსიმაშვილი, თ. ხახანაშვილი. მაღალი ენერჯის ურთიერთქმედებისას წარმოშობილი ღვარული ნაწილაკების კუთხური განაწილება . . . . . 273

## ძიმიბა

გ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), თ. ანდრონიკაშვილი, ლ. ლაფერაშვილი, ც. გეჯაძე. A და X ტიპის მოლეკულური საცრების ვერცხლის ფორმის მიღება . . . . . 281

ე. ხედელაშვილი. როდამინ ბ-ს გაუფერულების შესწავლა გამა-სხივების მოქმედებისას . . . . . 285

თ. კანდელაკი. ღვინომი კალიუმის განსაზღვრის კალორიმეტრიული მეთოდი . . . . . 289

## ძიმიშპი ტექნოლოგია

გ. კოლესნიკოვი, გ. გურგენიძე. W-თქსიენანთის მუავის პოლიეთერის მეტაკრილატის თანაბალიმერიზაცია აკრილონიტრილთან, სტიროლთან და ვინილაცეტატთან . . . . . 297

## ბიოგრაფია

ი. აფხაზევა. მდინარე არაგვის აუზის ლანდშაფტური დარაიონებისათვის . . . . . 305

## პეტროგრაფია

გ. მიქაძე. შუაეოცენური ფულკანიზმის გამოვლინება სამხრეთ საქართველოს ბელტის ფარგლებში . . . . . 313

## სამშენებლო საქმე

გ. კიხირია. ძაღვების განსაზღვრა კომბინირებულ კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების მხედველობაში მიღებით . . . . . 317

## ტექნიკა

გ. შახრომიანოვი. თაღოვანი კაშხალების ტემპერატურაზე გაანგარიშების საკითხისათვის . . . . . 325

## მეტალურგია

ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), თ. ლაშხი, მ. ცქიტიშვილი. ქრომმანგანუმანოტიანი აუსტენიტური ფოლადების კოროზიამდედგობა ზოგიერთ ორგანულ ხსნარში . . . . . 333

## ფიტოპათოლოგია

ბ. ცანავა. სოკო *Septotinia populiperda* Waterman and cash, როგორც ტირიფის ფოთლებისა და ყლორტების ავადმყოფობის გამომწვევი . . . . . 341

## ანატომია

დ. ნაკაშიძე. ძვლოვანი ცისტები და მ.თი კავშირი თსტეობლასტოკლასტონებთან . . . . . 345

## ფიზიოლოგია

ბ. სიხარულიძე. ძაღვებში მხედველობის ანალიზატორის მე-17 ველთა ექსტირპაციის შესწავლის ზოგიერთი შედეგი . . . . . 355

ს. ბუთხუბი. დიდი ტვინის ქერქის გავლენა კუდიან ბირთვზე . . . . . 363

ე. მონიავა. ჩონჩხის კუნთების ტონური და ტეტანური რეაქციების შესახებ ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების სხვადასხვა უბნების უშუალო გაღიზიანების დროს . . . . . 369

## კლინიკური მედიცინა

ე. შაგინიანი. არტერიული პიეზოგრაფიის მეთოდით ვახომოტორული ინერვაციის განსაზღვრისა და ათეროსკლეროზის დიაგნოსტიკის საკითხისათვის . . . . . 375

თ. სააკაშვილი. შუთავსებელი უცხო ჯგუფის სისხლის გადასხმა ფილტვისა და პლევრის ჩირქოვანი დაავადებების დროს . . . . . 381

მათემატიკა

მ. ბაღოვა

წრფივი ვიულები ერთი სახის სასაზღვრო  
ამოცანის შესახებ მოცემული  
გადაადგილებებით

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ვეკუამ 25.6.1961)

ვთქვათ,  $L$  ლიაპუნოვის ტიპის შეკრული გლუვი კონტურია, რომელიც  $z = x + iy$  კომპლექსურ სიბრტყეს ჰყოფს შიგნით  $D^+$  და გარე  $D^-$  არეებად.  $L$ -ის დადებით მიმართულებად ავირჩიოთ ის მიმართულება, რომელიც  $D^+$  არეს ტოვებს მარცხნივ. ვიგულისხმობთ, რომ კოორდინატთა სათავე მოთავსებულია  $D^+$  არეში.

ვთქვათ,  $L$ -ზე მოცემულია  $\delta(t)$  და  $\gamma(t)$  ფუნქციები, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობებს:

1°.  $\delta(t)$  და  $\gamma(t)$  ფუნქციებს  $L$  კონტური გადაყავთ თავისთავში ურთიერთცალსახად მიმართულების შენარჩუნებით;

2°. მათი წარმოებულები  $\delta'(t)$ ,  $\gamma'(t)$  განსხვავებული არიან ნულისაგან ყველგან  $L$ -ზე და აკმაყოფილებენ  $H$  (ჰელდერის) პირობას.

$\delta(t)$  და  $\gamma(t)$ -ს შებრუნებული ფუნქციები აღვნიშნოთ  $\delta^*(t)$  და  $\gamma^*(t)$ -თი.

განვიხილოთ შემდეგი სასაზღვრო ამოცანა:

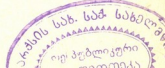
მოვინახოთ ისეთი უბან-უბან ჰოლომორფული  $\varphi(z)$  ფუნქცია, რომელსაც, აქვს სასრული რიგი უსასრულობაში და  $L$ -ზე აკმაყოფილებს პირობას

$$\varphi^+(t_0) = A(t_0)\varphi^-[\delta(t_0)] + B(t_0)\varphi^-[\gamma(t_0)] + b(t_0), \quad (1)$$

სადაც  $A(t_0)$ ,  $B(t_0)$  და  $b(t_0)$  მოცემული ფუნქციებია, რომელნიც აკმაყოფილებენ  $H$  პირობას.  $\varphi^+(t_0)$  და  $\varphi^-(t_0)$  აღნიშნავენ  $\varphi(z)$  ფუნქციის სასაზღვრო მნიშვნელობებს  $L$ -ზე შესაბამისად  $D^+$  და  $D^-$  არეებიდან. შემდეგში ჩვენ ვიგულისხმებთ, რომ  $\varphi^+(t_0)$  და  $\varphi^-(t_0)$  აკმაყოფილებენ  $H$  პირობას.

ამ ამოცანიდან, როცა  $B(t) \equiv 0$  და  $\delta(t) = t$ , მიიღება ჰილბერტის სასაზღვრო ამოცანა [1], ხოლო იმ შემთხვევაში, როცა  $\delta(t) = \gamma(t) = t$  — ამოცანა, რომელიც განხილულია შრომაში [2]. (1) სახის და უფრო ზოგადი სახის სასაზღვრო ამოცანების დაყვანა სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებამდე მოცემულია ნ. ვეკუას შრომებში [3, 4]. ჩვენი მიზანია განვსაზღვროთ ამ ამოცანებისათვის მიკავშირებული სასაზღვრო ამოცანები და

8289



დავადგინოთ იმის ანალოგიური შედეგები, რომლებიც მიღებულია შრომაში [2].

(1) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა ვეძებთ შემდეგი სახით:

$$\varphi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{A(t) \rho[\delta(t)] + B(t) \overline{\rho[\gamma(t)]}}{t-z} dt + \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-z} \quad z \in D^+,$$

$$\varphi(z) = -\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\rho(t) dt}{t-z} + \Gamma(z) \quad z \in D^-, \quad (2)$$

სადაც  $\mu(z)$  არის  $\varphi(z)$  ფუნქციის მთავარი ნაწილი უსასრულობაში.  $\rho(z)$  საძიებელი ფუნქციაა, რომელიც  $H$  პირობას უნდა აკმაყოფილებდეს. ადვილი მისახვედრია, რომ (1) ამოცანის ყოველი ამოხსნა წარმოიდგინება (2) ფორმულებით.

პლემელი-სოხოცკის ფორმულების ძალით, (1) სასაზღვრო ამოცანა მიყვანება შემდეგ სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებამდე:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{A(t)}{t-t_0} + \frac{A(t_0) \delta'(t)}{\delta(t) - \delta(t_0)} \right] \rho[\delta(t)] dt + \\ & + \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{B(t) t'^2}{t-t_0} - \frac{B(t_0) \overline{\gamma'(t)}}{\gamma(t) - \gamma(t_0)} \right] \overline{\rho[\gamma(t)]} dt = \\ & = A(t_0) \Gamma[\delta(t_0)] + B(t_0) \Gamma[\overline{\gamma(t_0)}] + \frac{b(t_0)}{2} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-t_0}. \end{aligned}$$

თუ ამ განტოლების მარცხენა მხარის მეორე წევრში მოვახდენთ ცვლადთა გარდაქმნას  $t = \gamma^*[\delta(t)]$ , გვექნება

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{A(t)}{t-t_0} + \frac{A(t_0) \delta'(t)}{\delta(t) - \delta(t_0)} \right] \rho[\delta(t)] dt + \\ & + \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{B[\gamma^*[\delta(t)]] [\gamma^*[\delta(t)]]^2 \overline{\gamma'[\delta(t)]} \overline{\delta'(t)}}{\gamma^*[\delta(t)] - t_0} - \right. \\ & \left. - \frac{B(t_0) \overline{\delta'(t)}}{\delta(t) - \gamma(t_0)} \right] \overline{\rho[\delta(t)]} dt = A(t_0) \Gamma[\delta(t_0)] + B(t_0) \Gamma[\overline{\gamma(t_0)}] + \\ & + \frac{b(t_0)}{2} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-t_0}, \end{aligned}$$

სადაც

$$[\gamma^* [\delta(t)]]_s^2 = \left[ \frac{d\gamma^* [\delta(t)]}{ds} \right]^2$$

( $s$  არის  $t$  წერტილის შესაბამისი რეალური აბსცისის).

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $\rho [\delta(t)] = \mu(t)$ , გვექნება

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{A(t)}{t-t_0} + \frac{A(t_0) \delta'(t)}{\delta(t) - \delta(t_0)} \right] \mu(t) dt + \\ & + \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{B [\gamma^* [\delta(t)]] [\gamma^* [\delta(t)]]_s^2 \gamma^{*'} [\delta(t)] \delta'(t)}{\gamma^* [\delta(t)] - t_0} - \right. \\ & \left. - \frac{B(t_0) \delta'(t)}{\delta(t) - \gamma(t_0)} \right] \mu(t) dt = A(t_0) \Gamma[\delta(t_0)] + B(t_0) \Gamma[\gamma(t_0)] + \\ & + \frac{b(t_0)}{2} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-t_0}, \end{aligned} \quad (3)$$

მე-(3) წარმოადგენს სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებას, რომელიც საძიებელ  $\mu(t)$  ფუნქციასთან ერთად შეიცავს მის კომპლექსურად შეუღლებულსაც. ასეთი განტოლება შესწავლილია შრომაში [5], რომელშიც ნახვენბია, რომ ამ განტოლებისათვის სამართლიანია ნეტერის თეორემების ანალოგიური თეორემები. დავწეროთ (3) სინგულარული ინტეგრალური განტოლების მიკავშირებული ერთგვაროვანი განტოლება

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{A(t_0)}{t-t_0} + \frac{A(t) \delta'(t_0)}{\delta(t) - \delta(t_0)} \right] \sigma(t) dt - \\ & - \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{B [\gamma^* [\delta(t_0)]] [\gamma^* [\delta(t_0)]]_s^2 \gamma^{*'} [\delta(t_0)] \delta'(t_0)}{\bar{t} - \gamma^* [\delta(t_0)]} - \right. \\ & \left. - \frac{B(t_0) \delta'(t_0)}{\gamma(t) - \delta(t_0)} \right] \sigma(t) dt = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

განვიხილოთ შემდეგი სასაზღვრო ამოცანა:

$$\begin{aligned} \psi^-(t_0) &= A[\delta^*(t_0)] \delta^{*'}(t_0) \psi^+[\delta^*(t_0)] + \\ & \frac{B [\gamma^*(t_0)] [\gamma^*(t_0)]_s^2 \gamma^{*'}(t_0) \psi^+[\gamma^*(t_0)]}{}, \end{aligned} \quad (5)$$

რომელსაც ვუწოდოთ (1) ამოცანის მიკავშირებული სასაზღვრო ამოცანა. ვეცნობთ ამ ამოცანის უსასრულობაში ქრობადი ამოხსნა შემდეგი სახით:

$$\psi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\sigma(t) dt}{t-z} \quad z \in D^+, \quad (6)$$

$$\psi(z) = -\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{A[\delta^*(t)] \delta^{*'}(t) \sigma[\delta^*(t)] + B[\gamma^*(t)] [\gamma^*(t)]^2 \gamma^{*'}(t) \sigma[\gamma^*(t)]}{t-z} dt$$

$$z \in D^-,$$

სადაც  $\sigma(t)$  საძიებელი ფუნქციაა, რომელიც  $H$  პირობას უნდა აკმაყოფილებდეს. თუ (6) ფორმულების მიხედვით შევადგენთ  $\psi^-(t_0)$ ,  $\psi^+[\delta^*(t_0)]$  და  $\psi^+[\gamma^*(t_0)]$  მნიშვნელობებს და შევიტანთ (5) სასაზღვრო პირობაში, გვექნება

$$-\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{A[\delta^*(t)] \delta^{*'}(t) \sigma[\delta^*(t)] + B[\gamma^*(t)] [\gamma^*(t)]^2 \gamma^{*'}(t) \sigma[\gamma^*(t)]}{t-t_0} dt =$$

$$= \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{A[\delta^*(t_0)] \delta^{*'}(t_0) \sigma(t) dt}{t-\delta^*(t_0)} -$$

$$- \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{B[\gamma^*(t_0)] [\gamma^*(t_0)]^2 \gamma^{*'}(t_0) \sigma(t) dt}{\bar{t}-\gamma^*(t_0)}.$$

უკანასკნელ ტოლობაში  $t_0$ -ის ნაცვლად  $\delta(t_0)$ -ის ჩასმისა და წვეროთა გარკვეული დაჯგუფების შემდეგ მივიღებთ (4) განტოლებას, რომელიც (3) განტოლების მიკავშირებული ერთგვაროვანი განტოლებაა.

დავამტკიცოთ შემდეგი

**დებულება:** თუ მიკავშირებულ (5) სასაზღვრო ამოცანას არ აქვს არატრივიალური უსასრულოებაში ქრობადი ამოხსნა, მაშინ (3) განტოლება ამოხსნადია ნებისმიერი მარჯვენა მხარესათვის და ამ განტოლების ამოხსნების საშუალებით (2) ფორმულით განსაზღვრული უბან-უბან ჰოლომორფული  $\varphi(z)$  ფუნქცია გვაძლევს (1) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნას.

მართლაც, (3) განტოლების ამოხსნადობის აუცილებელ და საკმარის პირობას აქვს სახე

$$\operatorname{Re} \int_L \left\{ A(t_0) \Gamma[\delta(t_0)] + B(t_0) \overline{\Gamma[\gamma(t_0)]} + \frac{b(t_0)}{2} - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-t_0} \right\} \sigma(t_0) dt_0 = 0, \quad (7)$$

რომელიც შეგვიძლია გადავწეროთ ასე:

$$\begin{aligned} & \operatorname{Re} \int_L A [\delta^* (t_0)] \delta^{*'} (t_0) \sigma [\delta^* (t_0)] \Gamma (t_0) dt_0 + \\ & + \operatorname{Re} \int_L \overline{B [\gamma^* (t_0)] [\gamma^* (t_0)]_{s_0}^2 \gamma^{*'} (t_0) \sigma [\gamma^* (t_0)]} \Gamma (t_0) dt_0 + \\ & + \operatorname{Re} \int_L \left( \frac{b(t_0)}{2} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-t_0} \right) \sigma(t_0) dt_0 = 0, \end{aligned}$$

ანუ

$$\begin{aligned} & \operatorname{Re} \int_L \{A [\delta^* (t_0)] \delta^{*'} (t_0) \sigma [\delta^* (t_0)] + \\ & + \overline{B [\gamma^* (t_0)] [\gamma^* (t_0)]_{s_0}^2 \gamma^{*'} (t_0) \sigma [\gamma^* (t_0)]} \Gamma (t_0) dt_0 + \\ & + \operatorname{Re} \int_L \left( \frac{b(t_0)}{2} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-t_0} \right) \sigma(t_0) dt_0 = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას

$$w(\zeta) = -\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-\zeta} \quad \zeta \in D^-,$$

მაშინ

$$w^-(t_0) = \frac{b(t_0)}{2} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b(t) dt}{t-t_0}. \quad (9)$$

გარდა ამისა, ვინაიდან მიკავშირებულ (5) სასაზღვრო ამოცანას, პირობის ძალით, არა აქვს არატრივიალური უსასრულობაში ქრობადი ამოხსნა, ამიტომ (6) ფორმულების საფუძველზე, ვღებულობთ

$$A[\delta^* (t_0)] \delta^{*'} (t_0) \sigma [\delta^* (t_0)] + \overline{B [\gamma^* (t_0)] [\gamma^* (t_0)]_{s_0}^2 \gamma^{*'} (t_0) \sigma [\gamma^* (t_0)]} = \Omega^+ (t_0), \quad (10)$$

$$\sigma (t_0) = \Omega^- (t_0),$$

სადაც  $\Omega^+ (t_0)$  და  $\Omega^- (t_0)$  არიან უსასრულობაში ქრობადი უბან-უბან პოლო-მორფული  $\Omega(\zeta)$  ფუნქციის სასაზღვრო მნიშვნელობები შესაბამისად  $D^+$  და  $D^-$  არეებიდან.

(9) და (10) ფორმულების ძალით, (8) პირობა მოგვეცემს

$$\operatorname{Re} \int_L \Omega^+ (t_0) \Gamma (t_0) dt_0 + \operatorname{Re} \int_L w^- (t_0) \Omega^- (t_0) dt_0 = 0,$$

რაც ყოველთვის სრულდება, თანახმად კოშის თეორემისა. ამით დებულება დამტკიცებულია.

ახლა განვიხილოთ ზოგადი შემთხვევა. ვთქვათ, დებულების პირობა არ არის შესრულებული, ე. ი. (5) ამოცანას აქვს არატრივიალური უსასრულობაში ქრობადი ამოხსნა. ვინაიდან (5) ამოცანის ყოველი უსასრულობაში

ქრობადი ამოხსნა წარმოიადგინება (6) ფორმულებით, სადაც  $\sigma(t)$  ფუნქცია (4) განტოლების ამოხსნაა, ამიტომ, როგორც ადვილი საჩვენებელია, შეიძლება მოინახოს ისეთი დადებითი მუდმივი  $m$ , რომ (5) მიკავშირებული სასაზღვრო ამოცანის ნებისმიერი ამოხსნის ნულის რიგი უსასრულობაში არ აღემატება  $m$ -ს.

განვიხილოთ ახლა სასაზღვრო ამოცანა

$$\Phi^+(t_0) = A(t_0) \delta^m(t_0) \Phi^-[\delta(t_0)] + B(t_0) \gamma^m(t_0) \Phi^-[\gamma(t_0)], \quad (11)$$

სადაც  $m$  ზემოთ დასახელებული რიცხვია. განვიხილოთ აგრეთვე მისი მიკავშირებული სასაზღვრო ამოცანა.

$$\begin{aligned} \psi^-(t_0) = & I_0^m A[\delta^*(t_0)] \delta^{*m}(t_0) \psi^+[\delta^*(t_0)] + \\ & B[\gamma^*(t_0)] [\gamma^*(t_0)]_0^2 \gamma^{*m}(t_0) \psi^+[\gamma^*(t_0)], \end{aligned} \quad (12)$$

რომელსაც, როგორც ადვილი მისახვედრია, აღარ აქვს ნულისაგან განსხვავებული უსასრულობაში ქრობადი ამოხსნა. მაშასადამე, (11) ამოცანისათვის ზემოთ მოყვანილი თეორემის პირობა შესრულებულია. ადვილი საჩვენებელია, რომ, თუ  $\Phi(\zeta)$  ფუნქცია (11) ამოცანის ამოხსნაა, მაშინ უბან-უბან პოლომორფული ფუნქცია

$$\varphi(\zeta) = \begin{cases} \Phi(\zeta) & \zeta \in D^+, \\ \zeta^m \Phi(\zeta) & \zeta \in D^-, \end{cases}$$

იქნება (1) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა.

ერთი უცნობი ფუნქციის შემთხვევაში ზემოთ მიღებული შედეგები ადვილად გადაიტანება რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვისაც.

ვთქვათ,  $L$  კონტურზე მოცემულია  $\alpha_j(t)$ ,  $\beta_j(t)$  და  $\gamma_j(t)$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) ფუნქციები, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობებს:

1°. თითოეულ  $\alpha_j(t)$ ,  $\beta_j(t)$  და  $\gamma_j(t)$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) ფუნქციებს  $L$  კონტური გადაყავს თავისთავში მიმართულების შენარჩუნებით (შეიძლება განხილულ იქნეს მიმართულების შეცვლის სხვადასხვა შემთხვევებიც [3];

2°. მათი წარმოებულები  $\alpha_j'(t)$ ,  $\beta_j'(t)$ ,  $\gamma_j'(t)$  განსხვავებულნი არიან ნულისაგან ყველგან  $L$ -ზე და აკმაყოფილებენ  $H$  პირობას.

$\alpha_j(t)$ ,  $\beta_j(t)$  და  $\gamma_j(t)$ -ს შებრუნებული ფუნქციები აღვნიშნოთ  $\alpha_j^*(t)$ ,  $\beta_j^*(t)$  და  $\gamma_j^*(t)$ -თი.

განვიხილოთ სასაზღვრო ამოცანა:

მოვინახოთ ისეთი უბან-უბან პოლომორფული ვექტორი  $\varphi(\zeta) = (\varphi_1(\zeta), \dots, \varphi_n(\zeta))$ , რომელსაც აქვს სასრული რიგი უსასრულობაში და  $L$ -ზე აკმაყოფილებს პირობებს

$$\varphi_j^+[\alpha_j(t_0)] = \sum_{k=1}^n A_{jk}(t_0) \varphi_k[\beta_k(t_0)] + \sum_{k=1}^n B_{jk}(t_0) \varphi_k^-[\gamma_k(t_0)] + b_j(t_0) \quad (13)$$

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

სადაც  $A_{jk}(t_0)$ ,  $B_{jk}(t_0)$  და  $b_j(t_0)$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) მოცემული ფუნქციებია, რომლებიც აკმაყოფილებენ  $H$  პირობას.  $\varphi_j^+(t_0)$  და  $\varphi_j^-(t_0)$  არიან  $\varphi(\zeta)$  ვექტორის სასაზღვრო მნიშვნელობები  $L$ -ზე შესაბამისად  $D^+$  და  $D^-$  არეებიდან. ვიგულისხმობთ, რომ  $\det \|A_{jk}\| \neq 0$   $L$ -ზე.



(13) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა ვეცდებით შემდეგი სახით:

$$\varphi_j(\zeta) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{A_{jk} [\alpha_j^*(t)] \rho_k [\delta_k [\alpha_j^*(t)]] + B_{jk} [\alpha_j^*(t)] \rho_k [\gamma_k [\alpha_j^*(t)]]}{t - \zeta} dt + \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b_j [\alpha_j^*(t)] dt}{t - \zeta} \quad \zeta \in D^+, \quad (14)$$

$$\varphi_k(\zeta) = -\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\rho_k(t) dt}{t - \zeta} + \Gamma_k(\zeta) \quad \zeta \in D^-,$$

სადაც  $\Gamma_k(\zeta)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) მოცემული პოლინომებია, რომლებიც წარმოადგენენ  $\varphi(\zeta) = (\varphi_1(\zeta), \dots, \varphi_n(\zeta))$  ვექტორის მთავარ ნაწილს უსასრულოებაში.  $\rho(t) = (\rho_1(t), \dots, \rho_n(t))$  საძიებელი ვექტორია, რომელიც  $H$  პირობას უნდა აკმაყოფილებდეს.

(13) სასაზღვრო ამოცანის მიკავშირებული ვუწოდოთ ამოცანას:

$$\begin{aligned} \phi_j^-(t_0) &= \sum_{k=1}^n A_{kj} [\delta_j^*(t_0)] \alpha_k' [\delta_j^*(t_0)] \delta_j^{*'}(t_0) \phi_k^+ [\alpha_k [\delta_j^*(t_0)]] + \\ &+ \sum_{k=1}^n \frac{B_{kj} [\gamma_j^*(t_0)] \alpha_k' [\gamma_j^*(t_0)] [\gamma_j^*(t_0)]_0^2 \gamma_j^{*'}(t_0) \phi_k^+ [\alpha_k [\gamma_j^*(t_0)]]}{(j = 1, 2, \dots, n)} \end{aligned} \quad (15)$$

რომლის უსასრულოებაში ქრობადი ამოხსნა ვეცდებით ასე:

$$\psi_k(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\sigma_k [\alpha_k^*(t)] \alpha_k^{*'}(t) dt}{t - \zeta} \quad \zeta \in D^+,$$

$$\begin{aligned} \psi_j(\zeta) &= -\sum_{k=1}^n \frac{1}{2\pi i} \times \\ &\times \int_L \frac{A_{kj} [\delta_j^*(t)] \delta_j^{*'}(t) \sigma_k [\delta_j^*(t)] + B_{jk} [\gamma_j^*(t)] [\gamma_j^*(t)]_0^2 \gamma_j^{*'}(t) \sigma_k [\gamma_j^*(t)]}{t - \zeta} dt \quad \zeta \in D^- \\ &(k, j = 1, 2, \dots, n). \end{aligned}$$

(14) ფორმულების ძალით (13) სასაზღვრო პირობები მოგვეცემენ

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n \left\{ \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{A_{jk}(t) \alpha_j'(t)}{\alpha_j(t) - \alpha_j(t_0)} + \frac{A_{jk}(t_0) \delta_k'(t)}{\delta_k(t) - \delta_k(t_0)} \right] \rho_k [\delta_k(t)] dt + \right. \\ \left. + \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{B_{jk}(t) \alpha_j'(t) t'^2}{\alpha_j(t) - \alpha_j(t_0)} - \frac{B_{jk}(t_0) \gamma_k'(t)}{\gamma_k(t) - \gamma_k(t_0)} \right] \rho_k [\gamma_k(t)] dt \right\} = \end{aligned}$$

$$= \sum_{k=1}^n \{ A_{jk}(t_0) \Gamma_k [\delta_k(t_0)] + B_{jk}(t_0) \Gamma_k [\gamma_k(t_0)] \} + \frac{b_j [\alpha_j(t_0)]}{2} -$$

$$- \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b_j(t) \alpha_j'(t) dt}{\alpha_j(t) - \alpha_j(t_0)}.$$

ეს სისტემა გარდაქმნებით დაიყვანება შემდეგი სახის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემად:

$$\sum_{k=1}^n \left\{ \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{A_{jk}(t) \alpha_j'(t)}{\alpha_j(t) - \alpha_j(t_0)} + \frac{A_{jk}(t_0) \delta_k'(t)}{\delta_k(t) - \delta_k(t_0)} \right] \mu_k(t) dt + \right.$$

$$+ \frac{1}{2\pi i} \int_L \left[ \frac{B_{jk} [\gamma_k^* [\delta_k(t)] \alpha_j' [\gamma_k^* [\delta_k(t)]] [\gamma_k^* [\delta_k(t)]]^2 \gamma_k^* [\delta_k(t)] \delta_k'(t)}{\alpha_j [\gamma_k^* [\delta_k(t)]] - \alpha_j(t_0)} - \right.$$

$$\left. - \frac{B_{jk}(t_0) \delta_k'(t)}{\delta_k(t) - \gamma_k(t_0)} \right] \mu_k(t) dt \left. \right\} = \sum_{k=1}^n \{ A_{jk}(t_0) \Gamma_k [\delta_k(t_0)] +$$

$$+ B_{jk}(t_0) \Gamma_k [\gamma_k(t_0)] \} + \frac{b_j [\alpha_j(t_0)]}{2} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{b_j(t) \alpha_j'(t) dt}{\alpha_j(t) - \alpha_j(t_0)}.$$

ანალოგიურად შევადგენთ რა (15) ამოცანის შესაბამის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას, მივიღებთ (16) სისტემის მიკავშირებულ სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას.

თუ ამის შემდეგ მოვიქცევით ისე, როგორც (1) ამოცანის შემთხვევაში, დავრწმუნდებით, რომ ზემოძილებული შედეგები ადვილად გადაიტანება (13) ამოცანისათვისაც.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის

ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 26.5.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. Москва—Ленинград, 1946.
2. Н. П. Векуа. Об одной задаче теории функций комплексного переменного. ДАН СССР, т. XXXVI, № 3, 1952.
3. გეკუა. წრფივი შეუღლების ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შიშვე, ტ. XXII, № 2, 1959.
4. გეკუა. შენიშვნა ჩემს სტატიზე „წრფივი შეუღლების ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვის“. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შიშვე, ტ. XXIV, № 1, 1960.
5. მანჯავიძე. წვეტილ კონფიციენტებიანი სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა ერთი სისტემის შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შიშვე, ტ. XI, № 6, 1950.

ჰილდრომატიკა

ა. ციციშვილი

ფილტრაციის მრუდწირული არხებიდან, როცა სასრულ სიღრმეზე მდებარეობს ძლიერი წყალგამტარი ფენა

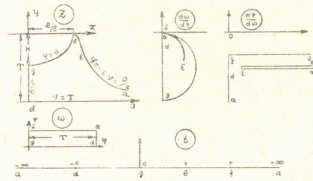
(წარმოადგინა აკადემიოსმა ნ. ვეჯუამ 12.6.1961)

განვიხილოთ ფილტრაციის ამოცანა მრუდწირული არხებიდან, როცა სასრულ სიღრმეზე გვაქვს ძლიერი წყალგამტარი ფენა დაწნეული წყლებით. როგორც ქვევით დავინახავთ, ამ ამოცანის ამოხსნიდან მიიღება, როგორც კერძო შემთხვევა, ამოცანის ამოხსნა, როცა წყალგამტარფენაში არ გვაქვს დაწნეული წყლები, აგრეთვე ამოხსნები მიღებული შრომაში [3].

ვგულისხმობთ, რომ ადგილი არ აქვს თავისუფალი ზედაპირიდან ინფილტრაციას ან აორთქლებას, გრუნტის წყლების კაპილარულ აწევას. სითხის მოძრაობის სიბრტყე მივაკუთვნოთ კომპლექსურ სიბრტყეს  $z = x + iy$  (ფილტრაციის სქემა მოცემულია ნახ. 1-ჯ).

ფილტრაციის არე სიმეტრიულია  $oy$  ღერძის მიმართ, ამიტომ საკმარისია განვიხილოთ მხოლოდ არის ერთი ნახევარი. აღვნიშნოთ  $w = \phi + i\psi$ -თი დაყვანილი კომპლექსური პოტენციალი (კომპლექსური პოტენციალი გაყოფილი  $z$ -ფილტრაციის კოეფიციენტზე), სადაც  $\phi$  და  $\psi$  შესაბამისად დაყვანილი სიჩქარის პოტენციალი და დენის ფუნქციებია. სასაზღვრო პირობები  $\phi$  და  $\psi$ -სათვის ნაჩვენებია სქემაზე (ნახ. 1-ჯ).

ამ ამოცანას ვხსნით ნახევრად შებრუნებული მეთოდით, ე. ი. არხის პერიმეტრის განტოლებას ვაოულობთ ამოხსნის პროცესში. მოცემულია სიჩქარის პოლო-



ნახ. 1-ჯ

გრაფის არე (ნახ. 1- $\frac{dw}{dz}$ ) და, მაშასადამე, ინვერსიული არე (იხ. ნახ. 1- $\frac{dz}{dw}$ ).

დასმული ამოცანის ამოხსნისათვის უნდა მოვიძებნოთ დამოკიდებულება  $z$  და  $w$ -ს შორის, ამისათვის კომპლექსური პოტენციალისა და ინვერსიული არეები გადავსახოთ დამხმარე  $z$  სიბრტყის ქვედა ნახევარ სიბრტყეზე (ნახ. 1-ბ). ფუნქციას, რომელიც გადა-

სახეც კომპლექსური პოტენციალის არეს  $t$  სიბრტყის ქვედა ნახევარ სიბრტყეზე, კრისტოფელ-შვარცის ფორმულის თანახმად, აქვს შემდეგი სახე:

$$\omega = M \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{t(1-t)(c+t)}} + N, \quad (1)$$

სადაც  $M$  და  $N$  ჯერჯერობით ნებისმიერი მუდმივებია, ხოლო  $c$  ნამდვილი პარამეტრია, რომელსაც ქვევით განვსაზღვრავთ.

სასაზღვრო პირობების თანახმად, როცა  $t=0$ , მაშინ  $\omega=0$ ; ამიტომ  $N=0$ , ხოლო, როცა  $t=1$ ,  $\omega = \frac{iQ}{2}$ , ე. ი.

$$\frac{iQ}{2} = M \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{t(1-t)(c+t)}}, \quad (2)$$

სადაც  $Q$  ფილტრაციის სრული დაყვანილი ხარჯია.

$M$ -ის განსასაზღვრავად, თანახმად (2)-სა, გვაქვს ფორმულა

$$M = \frac{Q}{4\lambda K} i \quad (3)$$

სადაც  $K$  პირველი გვარის სრული ელიპსური ინტეგრალია მოდულით

$$\lambda = \frac{1}{1+c}.$$

(1) ფორმულა, როცა  $|t| < 1$ , შეიძლება გადავწეროთ ასე:

$$\omega = -\frac{iQ}{2K} \left[ -K + \int_0^{\sqrt{1-t}} \frac{dt}{\sqrt{(1-t^2)(1-\lambda^2 t^2)}} \right], \quad (4)$$

ანუ

$$\frac{2K\omega}{Q} i + K = \int_0^{\sqrt{1-t}} \frac{dt}{\sqrt{(1-t^2)(1-\lambda^2 t^2)}}. \quad (5)$$

თუ ვისარგებლებთ იაკობის ელიპსური ფუნქციების ცნებით და მათი თვისებებით, მაშინ (5) განტოლებიდან გამოიმდინარეობს

$$t = cn^2 \left[ \left( \frac{2K\omega}{Q} i + K \right), \lambda \right] \quad (6)$$

(1) ფორმულა, როცა  $|t| > 1$ , ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\omega = \frac{iQ}{2K} \left[ K - i \int_0^{\sqrt{1-\frac{1}{t}}} \frac{dt}{\sqrt{(1-t^2)(1-\lambda'^2 t^2)}} \right], \quad (7)$$

სადაც  $\lambda' = \sqrt{1-\lambda^2}$ .

(7) განტოლება ამოვხსნათ  $t$ -ს მიმართ. მივიღებთ

$$t = \left\{ c_{11} \left[ \left( \frac{2K\omega}{Q} - iK \right), \lambda' \right] \right\}^{-2}, \quad (8)$$

როცა  $t \rightarrow \infty$  (7) ფორმულიდან გამომდინარეობს დამოკიდებულება

$$\frac{2T}{Q} = \frac{K'}{K}, \quad (9)$$

სადაც  $K'$  პირველი რიგის სრული ელიპსური ინტეგრალია მოდულით  $\lambda'$ , ხოლო  $T$  — წყალგამტარი ფენის დაშორება ჰორიზონტიდან.

გადავსახოთ ინვერსიული არე ქვედა ნახევარ სიბრტყეზე. კრისტოფელ-შვარცის ფორმულის თანახმად, გვაქვს

$$\frac{dz}{d\omega} = M_1 \int_0^t \frac{(\tau-t) dt}{\mu^{1/2} (1-t)} + N_1, \quad (10)$$

სადაც  $M_1$  და  $N_1$  ჯერჯერობით ნებისმიერი მუდმივებია;  $\tau$  — თავისუფალი ზედაპირის გადაღუნვის ხაზთან დაკავშირებული პარამეტრი.

(10) განტოლება ინტეგრაციის შემდეგ მიიღებს სახეს

$$\frac{dz}{d\omega} = M_1 (\tau - 1) \ln \frac{1 + \sqrt{t}}{1 - \sqrt{t}} + 2M_1 \sqrt{t} + N_1. \quad (11)$$

ვინაიდან  $t=0$  წერტილში,  $\frac{dz}{d\omega} = -iN_0$ , ამიტომ, (11) ფორმულის თანა-

ხმად,  $N = -iN_0$ , სადაც  $N_0$  კომპლექსური სიჩქარის მოდულის შებრუნებული მნიშვნელობაა  $g$  წერტილში.

დავამტკიცოთ, რომ  $M_1$  ნამდვილი რიცხვია. დავუშვათ, რომ  $M_1$  არის კომპლექსური რიცხვი, ე. ი.  $M_1 = M_1' + iM_1''$ , მაშინ თავისუფალი ზედაპირის გასწვრივ (11) განტოლება შეიძლება გადავწეროთ შემდეგნაირად:

$$-\frac{dx}{dy} - i = M_1 (\tau - 1) \ln \frac{\sqrt{t} + 1}{\sqrt{t} - 1} - i\pi M_1 (\tau - 1) + 2M_1 \sqrt{t} - iN_0. \quad (12)$$

(2) განტოლებაში განვაცალოთ ნამდვილი და წარმოსახვითი ნაწილები, მივიღებთ

$$-\frac{dx}{dy} = M_1' (\tau - 1) \ln \frac{\sqrt{t} + 1}{\sqrt{t} - 1} + 2M_1' \sqrt{t} + \pi M_1'' (\tau - 1), \quad (13)$$

$$-1 = M_1'' (\tau - 1) \ln \frac{\sqrt{t} + 1}{\sqrt{t} - 1} - \pi M_1' (\tau - 1) + 2M_1'' \sqrt{t} - N_0. \quad (14)$$

(14) განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ გამოსახულება

$$(\tau - 1) \ln \frac{\sqrt{t} + 1}{\sqrt{t} - 1} + 2\sqrt{t},$$

როცა  $t > 1$ , მუდმივი რიცხვია, რაც არაა სწორი, მაშასადამე,  $M_1'' = 0$ . ამიტომ  $M_1$ -ის განსასაზღვრავად მივიღებთ განტოლებას

$$-1 = -\pi M_1 (\tau - 1) - N_0; \quad (15)$$

აქედან

$$M_1 = \frac{(1 - N_0)}{\pi(\tau - 1)}. \quad (16)$$

თუ ჩავსვამთ  $M_1$  და  $N_1$  მნიშვნელობებს (11)-ში, მივიღებთ

$$\frac{d\zeta}{d\omega} = \frac{1 - N_0}{\pi} \ln \frac{1 + cn(u, \lambda)}{1 - cn(u, \lambda)} + \frac{2(1 - N_0)}{\pi(\tau - 1)} cn(u, \lambda) - iN_0, \quad (17)$$

სადაც  $u = K + i \frac{2K\omega}{Q}$ .

ინტეგრების შემდეგ (17) განტოლება ასე გადაიწერება:

$$\zeta = \frac{1 - N_0}{\pi} \int_0^{\omega} \ln \frac{1 + cn(u, \lambda)}{1 - cn(u, \lambda)} d\omega + \frac{(1 - N_0)Q}{\pi(\tau - 1)\lambda Ki} \left\{ \operatorname{arcsin} \left[ \lambda \frac{cn\left(\frac{2K\omega}{Q}i\right)}{dn\left(\frac{2K\omega}{Q}i\right)} \right] - \operatorname{arcsin} \lambda \right\} - iN_0\omega - H, \quad (18)$$

სადაც  $H$  არის არხში წყლის მაქსიმალური სიღრმე.

(18) განტოლებაში ინტეგრალური წევრი გავშალოთ მწკრივად

$$\int_0^{\omega} \ln \frac{1 + cn(u, \lambda)}{1 - cn(u, \lambda)} d\omega = \frac{8Q}{\pi i} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} \sin^2 \left[ \frac{(2n-1)\pi\omega i}{Q} \right]. \quad (19)$$

(19) შევიტანოთ (18)-ში, მივიღებთ

$$\zeta = \frac{(1 - N_0)}{\pi^2 i} 8Q \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} \sin^2 \left[ \frac{i\pi\omega}{2Q} (2n-1) \right] + \frac{(1 - N_0)Q}{\pi(\tau - 1)\lambda Ki} \left\{ \operatorname{arcsin} \left[ \lambda \frac{cn\left(\frac{2K\omega}{Q}i\right)}{dn\left(\frac{2K\omega}{Q}i\right)} \right] - \operatorname{arcsin} \lambda \right\} - iN_0\omega - iH. \quad (20)$$

(20) განტოლებიდან ნამდვილი და წარმოსახვითი ნაწილების განცალკევებით, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ  $\omega = i\psi$ , მივიღებთ არხის პერიმეტრის განტოლებას

$$x = N_0\psi, \quad (21)$$

$$y = \frac{(1 - N_0)8Q}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} \sin^2 \left[ \frac{(2n-1)\pi\psi}{Q} \right] -$$

$$- \frac{(1 - N_0)Q}{\pi(\tau - 1)\lambda K} \left\{ \operatorname{arcsin} \left[ \lambda \frac{cn\left(\frac{2K\psi}{Q}\right)}{dn\left(\frac{2K\psi}{Q}\right)} \right] - \operatorname{arcsin} \lambda \right\} - H. \quad (22)$$

განვიხილოთ (21) და (22) განტოლებების მნიშვნელობანი  $b\left(\frac{B}{2}, 0\right)$  წერტილში. მივიღებთ

$$B = N_0 Q, \quad (23)$$

$$H = \frac{4(1-N_0)Q}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} + \frac{(1-N_0)Q}{\pi(\tau-1)\lambda K} \operatorname{arcsin} \lambda, \quad (24)$$

სადაც  $B$  არხში წყლის მაქსიმალური სიგანეა.

(23) და (24) განტოლებებიდან გამოვიტყობთ  $N_0$ , მივიღებთ სიხის ხარჯის გამოსათვლელ ფორმულას

$$Q = B + A^{-1} H, \quad (25)$$

სადაც

$$A = \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} + \frac{\operatorname{arcsin} \lambda}{\pi(\tau-1)\lambda K}. \quad (26)$$

გადავიდეთ თავისუფალი ზედაპირის განტოლების მოძებნაზე, ამისათვის (11) განტოლება გადავწეროთ შემდეგნაირად:

$$\frac{dz}{d\omega} = \frac{1-N_0}{\pi} \ln \frac{\sqrt{t+i}}{\sqrt{t-i}} + \frac{2(1-N_0)}{\pi(\tau-1)} \sqrt{t-i}. \quad (27)$$

თავისუფალი ზედაპირის გასწვრივ

$$t = \left[ cn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right) \right]^{-2}, \quad \omega = -y + \frac{Q}{2}. \quad (28)$$

(28) ჩავსვათ (27)-ში, მივიღებთ

$$\frac{dx}{dy} = \frac{1-N_0}{\pi} \ln \frac{1+cn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right)}{1-cn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right)} - \frac{2(1-N_0)}{\pi(\tau-1)} \frac{1}{cn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right)}. \quad (29)$$

(29)-ში ლოგარითმული წევრი გავშალოთ მწკრივად

$$\begin{aligned} & \ln \frac{1+cn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right)}{1-cn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right)} = \\ & = 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{\operatorname{th} \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1)}{2n-1} \right] \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \frac{y}{T} \right]. \end{aligned} \quad (30)$$

ჩავსვათ (30) მწკრივი (29) განტოლებაში და ვაინტეგრეოთ, მივიღებთ

$$x = \frac{1-N_0}{\pi^2} 8T \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} \sin \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{2T} \right] +$$

$$+ \frac{2(1-N_0)}{\pi(\tau-1)} \frac{T}{\lambda K'} \ln \frac{\lambda \operatorname{sn} \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right) + dn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right)}{cn \left( -\frac{K'}{T} y, \lambda' \right)} + N_0 \frac{Q}{2}. \quad (31)$$

სამი უცნობის— $Q$ ,  $\lambda$  და  $N_0$ -ის განსასაზღვრავად მივიღეთ სამი განტოლება: (9), (25) და (23), ხოლო  $\tau$ -ს განსასაზღვრავად საჭიროა დამატებითი პირობების მოცემა, მაგალითად, საჭიროა თავისუფალ ზედაპირზე ნებისმიერი წერტილის კოორდინატების მოცემა. თუ ჩავსვამთ მოცემული წერტილის კოორდინატებს (31)-ში, აქედან შეგვიძლია განვსაზღვროთ  $\tau$ .

როცა  $\tau \rightarrow \infty$ , მივიღებთ ფილტრაციის ამოცანის ამოხსნას წყალგამტარ ფენაში, სადაც აღარ გვაქვს დაწნეული წყლები. ამ შემთხვევაში არის პერიმეტრის განტოლება არის

$$x = N_0 \psi, \quad (32)$$

$$y = -\frac{(1-N_0)4Q}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^2} \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right] \cos \left[ \frac{(2n-1)\pi\psi}{Q} \right], \quad (33)$$

ხოლო თავისუფალი ზედაპირის განტოლება ასე ჩაიწერება:

$$x = \frac{1-N_0}{\pi^2} 8T \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right] \sin \left[ \frac{\pi}{2} \frac{y}{T} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} + N_0 \frac{Q}{2}. \quad (34)$$

როცა  $y \rightarrow -T$ , მაშინ (34) ფორმულიდან მივიღებთ დამოკიდებულებას

$$\frac{L}{2} = \frac{1-N_0}{\pi^2} 8T \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} + \frac{Q}{2} N_0, \quad (35)$$

სადაც  $L$  ფილტრაციის ნაკადის სრული სიგანეა ჰორიზონტიდან  $T$  სიღრმეზე. (35) ფორმულა შემდეგნაირად გადავწეროთ:

$$L = \frac{Q-B}{\pi^2} \frac{16T}{Q} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \operatorname{th} \left[ \frac{\pi}{2} \frac{K'}{K} (2n-1) \right]}{(2n-1)^2} + B. \quad (36)$$

იმ შემთხვევაში, როცა  $\lambda \rightarrow 0$ , ე. ი.  $T \rightarrow \infty$  არხის პერიმეტრის განტოლებას აქვს სახე

$$x = N_0 \psi, \quad (37)$$

$$y = -\frac{(1-N_0)}{\pi^2} 4Q \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^2} \cos \left[ \frac{(2n-1)\pi\psi}{Q} \right] - \frac{2(1-N_0)Q \cos \frac{\pi\psi}{Q}}{\pi^2(\tau-1)}. \quad (38)$$

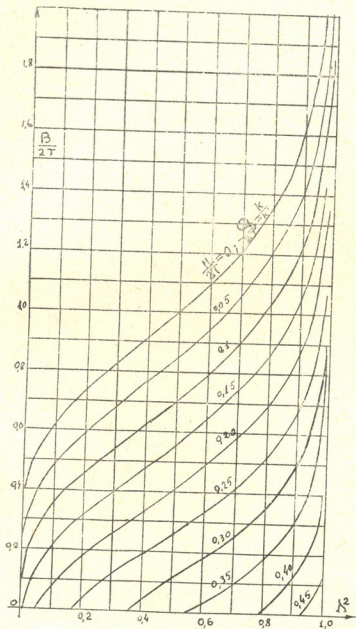
ხოლო თავისუფალი ზედაპირის განტოლება ასე ჩაიწერება:



$$x_1^2 = -\frac{(1-N_0)Q}{\pi^2(\tau-1)} \operatorname{sh} \frac{\pi y}{Q} - \frac{4Q(1-N_0)}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} e^{\frac{\pi y(2n-1)}{Q}} + \frac{Q}{2} \quad (39)$$

როცა  $\tau \rightarrow \infty$  და  $y = -\infty$  გაშინ (39) ფორმულიდან მივიღებთ

$$L_{\infty} = Q, \quad (40)$$



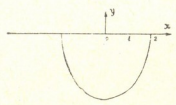
ნახ. 2

სადაც  $L_{\infty}$  უსასრულობაში ფილტრაციის ნაკადის სრული სიგანეა. თუ მოცემულია  $H$ ,  $B$  და  $T$  შეიძლება განისაზღვროს  $Q$  და შემდეგ (36)-ის თანახმად  $L$ , ხოლო ( $\pm 0$ ) განტოლებით  $L_{\infty}$ .

ჩვენ ჩავატარეთ ზოგიერთი გამოთვლა, როცა  $\tau \rightarrow \infty$ , მეორე ნიშნის სი-  
ზუსტით მძიმის შემდეგ და ავადგეთ გრაფიკები (ნახ. 2). წინასწარ (25) გან-  
ტოლება (9)-ის გათვალისწინებით გადავწეროთ ასე:

$$\frac{B}{2T} = \frac{K}{K'} - A^{-1} \frac{H}{2T} \quad (41)$$

შემდეგ  $\frac{H}{2T}$  სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის ავადგეთ გრაფიკები, თუ მოცემუ-  
ლია  $H, B$  და  $T$ , მაშინ შეიძლება გამოვითვალოთ  $\frac{H}{2T}, \frac{B}{2T}$ , ხოლო გრაფი-  
კის დახმარებით  $-\lambda^2$  და  $Q$ . მაგალითად, ავი-



ნახ. 3

ლოთ  $B=4, H=3$  და  $T=6$ , მაშინ  $\frac{H}{2T} = 0,25, \frac{B}{2T} = 0,333$ . თუ ახლა  $\frac{B}{2T} = 0,333$  ორ-  
დინატიდან გავატარებთ  $0\lambda^2$  ღერძის პარალე-  
ლურ ხაზს მრუდის  $\frac{H}{2T} = 0,25$  გადაკვეთამდე (თუ

გრაფიკზე არაა შესაბამისი მრუდი, მაშინ საჭიროა ინტერპოლირება), შემდეგ  
გადაკვეთის წერტილიდან გავავლოთ მართლიან აბსცისათა ღერძისადმი და  
ვპოულობთ გადაკვეთის წერტილს მრუდთან  $\frac{Q}{2T} = \frac{K}{K'}$ . ნაპოვნი წერტილიდან

ვეწვებთ მართობს ორდინატა ღერძზე, ვღებულობთ:  $\frac{B}{2T} = 1,10$ . მიღებულ  
მნიშვნელობას ვამრავლებთ  $2T$ -ზე და ვღებულობთ ფილტრაციის ხარჯს,  
 $Q = 13,20$ .

მოგვეყვას არხის ფორმა (ნახ. 3), როცა  $H=3, B=4, T=6, Q=13,20$ .  
ჩავატარეთ გამოთვლები იმ შემთხვევაშიც, როცა  $T \rightarrow \infty, H=3, B=4,$   
 $Q=12,08$  და არხის ფორმა უცვლელი დარჩა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ა. რაზმაძის სახელობის  
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 26.6.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Б. К. Ризенкампф. Гидравлика грунтовых вод. Ученые записки Саратовского ун-та Гидравлика, т. XV, вып. 5, 1940.
2. П. Я. Полубаринова-Кочина. Теория движения грунтовых вод. 1952.
3. ა. ციციშვილი. ფილტრაციის ერთი შემთხვევის შესახებ მრუდწირული არხებიდან ბრუნვის შემთხვევაში. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXV, № 3, 1960.



ფიზიკა

ლ. ჯანელიძე, ძ. მანდრიცკაია, ო. შახულაშვილი, თ. ვასისიაშვილი,  
ო. ხახუნაშვილი

მალალი ენერგიის ურთიერთქმედებისა  
წარმოშობილი ღვარული ნაწილაკების  
კუთხური განაწილება

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე. ანდრონიკაშვილმა 14.6.1961)

მალალენერგიული ბირთვული ურთიერთქმედების შესასწავლად გაისინჯა ემულსიური კამერის ნაწილი, რომელიც შედგებოდა  $(13 \times 13 \times 0,6)$  სმ<sup>3</sup> ზომის ილფორდ G-5-ის ტიპის 24 ემულსიური ფენისაგან. კამერა ექსპონირებული იყო იტალიაში 30 კმ-ის სიმაღლეზე 6 საათის განმავლობაში.

ემულსიური ფენების გასინჯვისას შერჩეულ იქნენ ბირთვული ურთიერთ-ქმედებანი, რომლებიც აკმაყოფილებდნენ შემდეგ პირობებს:

1. ღვარული ნაწილაკების რიცხვი— $n_s > 10$ ;
2. ღვარული ნაწილაკის კვალის პროექციის სიგრძე ერთ ფენაში— $L \geq 1$  მმ.

ურთიერთქმედების შერჩევისას არ ხდებოდა დისკრიმინაცია რუხი და შავი კვლების რაოდენობის მიხედვით.

განხილული შემთხვევებიდან 16-მა დააკმაყოფილა ზემოჩამოთვლილი პირობები. მათ შორის 10 წარმოქმნილი იყო ერთმუხტიანი ან ნეიტრალური და 6 კი—მრავალმუხტიანი ნაწილაკებით. შერჩეულ შემთხვევებში იზომებოდა ღვარული ნაწილაკების კუთხური განაწილება. სივრცითი კუთხეები, რომლებსაც ქმნიან ღვარული ნაწილაკები ღვარის ჩასახვის წერტილსა და მისი სიმძიმის ცენტრის შემავრთებელი ხაზის მიმართ, იზომებოდა კოორდინატული მეთოდით МБН-8 მიკროსკოპზე  $(90 \times 15 \times 1)$  გადიდებით.

ნუკლონ-ნუკლონის ურთიერთქმედების დაშვებით გაზომილი კუთხური განაწილება შედარებულ იქნა ღვარული ნაწილაკების კუთხურ განაწილებებთან, რომლებიც გამოდინარეობენ ლანდაუს [1] და ჰაიზენბერგის [2] მეზონთა მრავლობითი წარმოქმნის თეორიიდან, ტაკაგის [3] იზობარული და „ფაიერ-ბოლების“ მოდელებიდან.

1. პირველადი ნაწილაკის ენერგიის განსახლვრა

ორი დამჯახებელი ნუკლონის ინერციის ცენტრის სისტემის ( $c$  სისტემა) ლორენც-ფაქტორი  $\gamma_c = \frac{1}{\sqrt{1-\beta_c^2}}$ , სადაც  $\beta_c$  არის ინერციის ცენტ-

რის სიჩქარე ლაბორატორიული სისტემის მიმართ, განსახლვრულ იქნა ღვა-

რული ნაწილაკების კუთხური განაწილებიდან შემდეგი დაშვებების მხედველობაში მიღებით:

- ა) ყველა მეორადი ნაწილაკი  $\pi$ -მეზონია;
- ბ)  $c$ -სისტემაში მეორადი ნაწილაკების კუთხური გაშლა სიმეტრიულია

$$\Theta = \frac{\pi}{2} \text{ კუთხის მიმართ;}$$

- გ) ყველა  $\pi$ -მეზონის სიჩქარე  $c$ -სისტემაში  $\beta\pi = \beta c$ .

$\gamma_c$  განსაზღვრისას ვსარგებლობდით ორი მეთოდით: მედიანური კუთხის [4]  $\gamma_c = \text{ctg } \Theta_{1/2}$  მეთოდით, სადაც  $\Theta_{1/2}$  ის კუთხეა ლაბორატორიულ სისტემაში ( $L$ -სისტემა), რომელიც შეიცავს ღვარული ნაწილაკების ნახევარს, და კასტანიოლის მეთოდით [5]

$$\ln \gamma_c = \frac{1}{n_s} \sum_{i=1}^{n_s} \ln \text{tg } \Theta_i \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n_s}}$$

სადაც  $\sigma$  არის ღვარული ნაწილაკების კუთხური განაწილების სტანდარტული გადახრა,  $n_s$ —ღვარული ნაწილაკების რიცხვი,  $\Theta_i$ —კუთხე, რომელსაც ქმნის ღვარული ნაწილაკის კვალი ღვარის „სიმძიმის ცენტრის“ შიშართულებასთან  $L$  სისტემაში.

პირველადი ნაწილაკის ენერგია  $L$ -სისტემაში ისაზღვრებოდა ნუკლონ-ნუკლონისა და ნუკლონ-ბირთვის (მილის მოდელი) ურთიერთქმედებიდან გამომდინარე, შესაბამისი ფორმულებით

$$E = 2 M c^2 \gamma_c^2,$$

$$E = 2 M c^2 \gamma_c^2 l,$$

სადაც  $l$  არის მილის სიგრძე ნუკლონის დიამეტრის ერთეულებით,  $M$ —ნუკლონის მასა. მილის სიგრძე განსაზღვრულ იქნა ფორმულებით

$$n_s = 2 l \sqrt{\gamma_c},$$

როდესაც  $\gamma_c > 5$

$$n_s = 1.5 l^{2/4} (l + 1)^{1/4} \sqrt{\gamma_c} + \frac{l + 1}{2},$$

როდესაც  $\gamma_c < 5$ .

ბირთვული ურთიერთქმედების ტიპები,  $\gamma_c$ -ს მნიშვნელობები, პირველადი ნაწილაკის ენერგები, რომლებიც შეფასებულნი არიან ნუკლონ-ნუკლონისა და ნუკლონ-ბირთვის ურთიერთქმედების დაშვებისას და ნუკლონების რიცხვი მილში მოყვანილია ცხრილში. ამავე ცხრილშია მოყვანილი არადრეკადობის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, რომლებიც გამოთვლილია [6] ნაწილაკის თანახმად, ფორმულით:

$$K = \frac{1.5 n_s \gamma_c \sin \Theta_{\max}}{2 \mu (\gamma_c - 1)},$$

სადაც  $\Theta_{\max}$  არის კუთხე, რომელიც შექმნილია განაპირა ღვარული ნაწილაკის მიერ ღვარის „სიმძიმის ცენტრის“ მიმართულებასთან  $L$ -სისტემაში,  $\mu$ —ნუკლონისა და  $\pi$ -მეზონის მასების ფარდობა. არადრეკადობის კოეფიციენტის მოყვანილი მნიშვნელობები მიღებულია მილის ზომის გათვალისწინებით. არადრეკადობის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა ყველა ღვარისათვის  $\bar{k} = 0.40 \pm 0.13$ , რაც კარგად ეთანხმება სხვა ექსპერიმენტული ნაშრომების შედეგებს.

მაღალი ენერჯის ურთიერთქმედებისას წარმოშ. ღვარული ნაწილაკების განაწ.

№აღ	ურთი- ერთქმედ- ტივი	γc კასტაილი- ლის თეთო- ლით	γc მედი- ნური კუთხით	E(ев) ნუკლონ- ნუკლონის ურ- თიერთქმედება	I მილის სიგრძე	ცხრილი	№ აოადრე- კადობის კოეფიცი.
						E(ев) ნუკლონ- ბირთვის ურთი- ერთქმედება	
1	17+55P	15.1 $\frac{+3.6}{-3}$	19.6	$(4.2 \frac{+2.4}{-1.6}) \cdot 10^{11}$	7 ± 2	$(2.9 \frac{+1.7}{-1}) \cdot 10^{12}$	0.36
2	11+117	18	18.9	$6.48 \cdot 10^{11}$			
3	9+56γ	3.6	3	$2.6 \cdot 10^{10}$			
4	8+24P	16.7 $\frac{+4.3}{-3.2}$	17.8	$(5.2 \frac{+3.1}{-1.9}) \cdot 10^{11}$	3 ± 1	$(1.6 \frac{+0.9}{-0.6}) \cdot 10^{12}$	0.34
5	13+77r	36.3	38.5	$2.6 \cdot 10^{12}$			
6	9+45P	25.8 $\frac{+8}{-6.1}$	45.5	$(1.2 \frac{+1}{-0.5}) \cdot 10^{12}$	5 ± 2	$(6 \frac{+5}{-2.4}) \cdot 10^{13}$	0.64
7	9+25H	11.0 $\frac{+3.4}{-2.7}$	14.9	$(2.2 \frac{+1.7}{-0.9}) \cdot 10^{11}$	4 ± 1	$(8.8 \frac{+6.2}{-3.6}) \cdot 10^{11}$	0.60
8	12+117P	4.0	3.5	$3 \cdot 10^{10}$	> 11		
9	17+35r	16.4	6	$5.8 \cdot 10^{11}$			
10	14+32P	8.2 $\frac{+1.3}{-1.2}$	9.2	$(1.2 \frac{+0.5}{-0.3}) \cdot 10^{11}$	5 ± 1	$(6 \frac{+2.5}{-1.4}) \cdot 10^{11}$	0.30
11	17+48γ	4.4	3.2	$5.8 \cdot 10^{11}$			
12	21+38P	7.3 $\frac{+1.7}{-1.4}$	4.7	$(1 \frac{+0.5}{-0.3}) \cdot 10^{11}$	7 ± 2	$(5 \frac{+5.1}{-1.4}) \cdot 10^{11}$	0.41
13	13+22P	11 $\frac{+1.2}{-1.2}$	11	$(2.2 \frac{+0.5}{-0.4}) \cdot 10^{11}$	3 ± 0	$(6.6 \frac{+1.8}{-1.2}) \cdot 10^{11}$	0.22
14	23+28H	24.8 $\frac{+6.1}{-4.9}$	20.4	$(1.1 \frac{+0.6}{-0.4}) \cdot 10^{12}$	3 ± 1	$(3.3 \frac{+2.1}{-1.1}) \cdot 10^{12}$	0.48
15	21+62r	8.8	9.7	$8.8 \cdot 10^{11}$			
16	4+27P	8.2 $\frac{+1.4}{-1.2}$	10	$(1.2 \frac{+0.5}{-0.3}) \cdot 10^{11}$	5 ± 2	$(6 \frac{+2.6}{-1.1}) \cdot 10^{11}$	0.28

8789

2. ღვარული ნაწილაკების კუთხური განაწილება

ჩვენ ნიერ შერჩეული ურთიერთქმედებანი, რომლებიც წარმოიშვნენ ერთმხებიანი, ან ნეიტრალური პირველადი ნაწილაკებით, პირველადი ნაწილაკის ენერჯის მნიშვნელობების მიხედვით დაიყო ორ ჯგუფად (ენერჯია განისაზღვრება და ნუკლონ-ნუკლონის ურთიერთქმედების დაშვებით):

$$10^{11} \text{eV} < E < 10^{12} \text{eV} \quad 7.3 < \gamma_c < 16.7$$

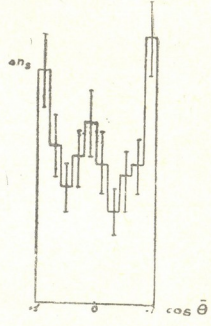
7 შემთხვევა  $n_s = 223$

$$10^{12} \text{eV} < E < 10^{13} \text{eV} \quad 24.8 < \gamma_c < 25.8$$

2 შემთხვევა  $n_s = 73$ .

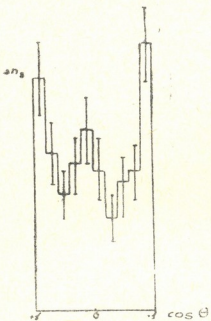
ღვარული ნაწილაკების კუთხური განაწილება L და c-სისტემაში თითოეული ენერჯეტიკული ინტერვალისათვის ცალკე იყო აგებული.

ღვარული ნაწილაკების დიფერენციალური კუთხური განაწილება c-სისტემაში მოცემულია ნახ. 1-ზე და ნახ. 2-ზე. ამ განაწილებების ანალიზიდან გამომდინარეობს,



ნახ. 1. ღვარული ნაწილაკების დიფერ. კუთხური განაწილება c-სისტემაში ( $10^{12} - 10^{13}$ )eV ენერჯიების ინტერვალში.

რომ სტატისტიკური ფლუქტუაციების თარგლებში ღვარული ნაწილაკების კუთხური განაწილებები  $c$ -სისტემაში სიმეტრიულია  $\Theta = \frac{\pi}{2}$  კუთხის მიმართ ორივე ენერგეტიკულ ინტერვალში.



ნახ. 2. ღვარული ნაწილაკების დიფერენციალური კუთხური განაწილება  $c$ -სისტემაში ( $10^{11}$ — $10^{12}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში

$c$ -სისტემაში კუთხური განაწილების იზოტროპულობის შესამოწმებლად აგებულ იქნა ინტეგრალური კუთხური განაწილება

$$\lg \frac{F(\Theta)}{1 - F(\Theta)} = f(\lg \operatorname{tg} \Theta),$$

სადაც  $F(\Theta)$  არის ნაწილაკების ნაწილი  $(0 \div \Theta)$  კუთხეების ინტერვალში. ცნობილია, რომ  $c$ -სისტემაში იზოტროპული კუთხური განაწილების დროს ზემოაღნიშნული დამოკიდებულება წარმოადგენს სწორ ხაზს, რომლის საკუთხო კოეფიციენტი 2-ის ტოლია [7]. ჰაიზენბერგის [8] ექსტრემალური ანიზოტროპული განაწილება ამჟვე კოორდინატებში წარმოგვიდგება სწორი ხაზით, რომლის საკუთხო კოეფიციენტი 1-ის ტოლია.

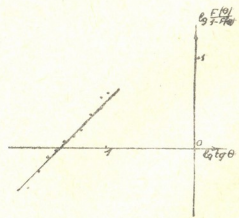
ინტეგრალური კუთხური განაწილებები ორი ენერგეტიკული ინტერვალისათვის მოცემულია ნახ. 3-სა და ნახ. 4-ზე. ექსპერიმენტული წერტილები კარგად ლავდება სწორი ხაზების გარშემო, რომელთა სა-

კუთხო კოეფიციენტი  $b = 1.4$  ( $10^{11}$ — $10^{12}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში და  $b = 1$  ( $10^{12}$ — $10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში. როგორც ამ კოეფიციენტების სიდიდეთა მნიშვნელობიდან ჩანს, ზემოაღნიშნული ენერგეტიკული ინტერვალისათვის კუთხური განაწილება  $c$ -სისტემაში ანიზოტროპულია.

ექსპერიმენტული შედეგების შედარებისათვის ტაკაგის იზობარულ და „ფაიერ-ბოლების“ მოდელეთან, აგებულ იქნა ინტეგრალური კუთხური განაწილება

$$\lg \frac{F(\Theta)}{1 - F(\Theta)} = f(\lg \operatorname{tg} \Theta)$$

იმ ღვარების ვიწრო და ფართო კონუსებისათვის ცალ-ცალკე, რომლებიც შედიან ზემოაღნიშნულ ენერგეტიკულ



ნახ. 3. ღვარული ნაწილაკების ინტეგრალური კუთხური განაწილება  $L$ -სისტემაში ( $10^{12}$ — $10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში

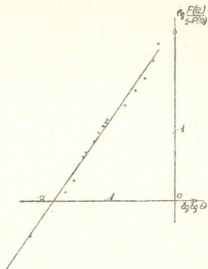
ჯგუფებში. ამ მოდელების თანახმად, თითოეული ნუკლონის საკუთარ სისტემაში კუთხური განაწილება იზოტროპული უნდა იყოს. ექსპერიმენტული მონაცემებით, აგებული სწორი ხაზების საკუთხო კოეფიციენტები შეესაბამება იზოტროპულ განაწილებას (ნახ. 5 და 6).

ჩატარდა აგრეთვე ექსპერიმენტული შედეგების შედარება მეზონების მრავლობითი წარმოქმნის ლანდაუსა და ჰაინზენბერგის თეორიებთან [11]. ამ მიზნით  $L$ -სისტემაში აგებულ იქნა ნახ. 7-სა და ნახ. 8-ზე მოცემული ნაწილაკების დიფერენციალური კუთხური განაწილება

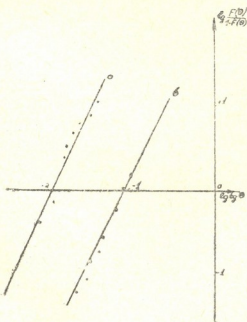
$$\frac{\Delta n_s}{\Delta \ln \operatorname{tg} \Theta} = f(\ln \operatorname{tg} \Theta),$$

რომლებიც გამოყენებული იქნენ აგრეთვე ღვარის სიმეტრიულობის რიცხვობრივი შეფასებისათვის.

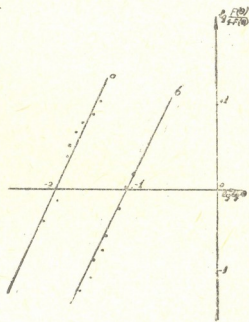
ორივე ენერგეტიკულ ინტერვალში ექსპერიმენტული კუთხური განაწილება შეიძლება აპროქსიმირებულ იქნეს გაუსის მრუდით.  $\chi^2$ -ტესტის [9] მეთოდით შეფასებული თანხვედრის ალბათობა და განაწილების სტანდარტული გადახრა ორი ენერგეტიკული ინტერვალისათვის შესაბამისად ტოლია:



ნახ. 4. ღვარული ნაწილაკების ინტერვალური კუთხური განაწილება  $L$ -სისტემაში ( $10^{11}$ — $10^{12}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში



ნახ. 5. ღვარული ნაწილაკების ინტერვალური კუთხური განაწილება ცალ-ცალკე ვიწრო (a) და ფართო (b) კონუსებისათვის ( $10^{12}$ — $10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში

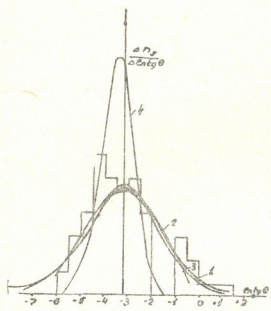


ნახ. 6. ღვარული ნაწილაკების ინტერვალური კუთხური განაწილება ცალ-ცალკე ვიწრო (a) და ფართო (b) კონუსებისათვის ( $10^{11}$ — $10^{12}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში

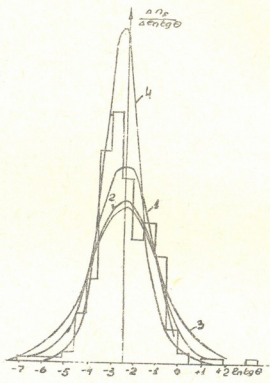
$$P(\chi^2) = 20\% \quad \sigma = 1.26 \quad (10^{11} - 10^{12}) eV,$$

$$P(\chi^2) = 7\% \quad \sigma = 1.56 \quad (10^{12} - 10^{13}) eV.$$

კუთხურ განაწილებათა  $\sigma$  სიდიდეების შედარებიდან გამოდინარეობს, რომ პირველადი ნაწილაკის ენერგიის გაზრდით იზრდება კუთხური განაწილების ანიზოტროპიის ხარისხი  $\epsilon$ -სისტემაში. ეს დასკვნა ეთანხმება ლანდაუს თეორიას. გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპერიმენტული ჰისტოგრამა გაუსის განაწილებით უფრო კარგა-



ნახ. 7. ღვარული ნაწილაკების დიფერენციალური კუთხური განაწილება  $L$ -სისტემაში ( $10^{12}-10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში. ჰისტოგრამა წარმოადგენს ექსპერიმენტულ კუთხურ განაწილებას. მრუდი 1—ექსპერიმენტული კუთხური განაწილების აპროქსიმაცია გაუსის მრუდით, 2—ლანდაუს მრუდი; 3—ჰეიზენბერგის კუთხური განაწილება ანიზოტროპიის დაშვებით; 4—ჰეიზენბერგის კუთხური განაწილება იზოტროპიის დაშვებით



ნახ. 8. ღვარული ნაწილაკების დიფერენციალური კუთხური განაწილება  $L$ -სისტემაში ( $10^{11}-10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში. ჰისტოგრამა წარმოადგენს ექსპერიმენტულ კუთხურ განაწილებას. მრუდი 1—ექსპერიმენტული კუთხური განაწილების აპროქსიმაცია გაუსის მრუდით; 2—ლანდაუს მრუდი. ანიზოტროპიის დაშვებით; 4—ჰეიზენბერგის კუთხური განაწილება იზოტროპიის დაშვებით

დაა აპროქსიმირებული ( $10^{11}-10^{12}$ ) eV ენერგეტიკულ ინტერვალში, ვიდრე ( $10^{12}-10^{13}$ ) eV ინტერვალში. ანალოგიური შედეგებია მიღებული ნაშრომში [10].

კუთხური განაწილების სიმეტრიულობის ალბათობა ტოლია:  $P(\chi^2) = 98\%$  ( $10^{11}-10^{12}$ ) eV ენერგიის ინტერვალისათვის,  
 $P(\chi^2) = 95\%$  ( $10^{12}-10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალისათვის ( $10^{12}-10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალისათვის ლანდაუს კუთხური განაწილებისათვის



და ექსპერიმენტული ჰისტოგრამის თანხვედნის ალბათობა  $P(\chi^2) = 20\%$ , ჰაინზენბერგის კუთხური განაწილებისათვის კი ანიზოტროპიისა და იზოტროპიის დაშვებისას ეს ალბათობა შესაბამისად ტოლია:

$$P(\chi^2) = 100\%$$

და

$$P(\chi^2) = 0\%$$

$(10^{11} - 10^{12}) eV$  ენერგეტიკული ინტერვალისათვის ექსპერიმენტული ჰისტოგრამისა და ზემოაღნიშნული თეორიული განაწილების თანხვედნის ალბათობა სამივე შემთხვევაში ტოლია:  $P(\chi^2) = 0\%$ .

მრავალშტანიანი ნაწილაკებით ( $\chi \cong 2$ ) წარმოშობილი 6 ღვარი გაერთიანებულ იქნა ერთ ენერგეტიკულ ინტერვალში  $(10^{10} - 10^{12}) eV$  ღვარული ნაწილაკების საერთო რიცხვით, რომელიც 289-ის ტოლია. ღვარული ნაწილაკების კუთხური განაწილების განხილვიდან გამომდინარეობს, რომ ეს განაწილება სტატისტიკური ფლუქტუაციების ფარგლებში ანიზოტროპული და სიმეტრიულია  $\Theta = \frac{\pi}{2}$  კუთხის მიმართ მასების ცენტრის სისტემაში.

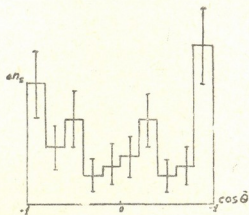
უნდა აღინიშნოს, რომ დამზერილი ურთიერთქმედებიდან ერთ-ერთი მათგანი, რომელიც წარმოქმნილია ერთმშტანიანი ნაწილაკით, გამოირიცხულია საერთო განხილვიდან შემდეგი მიზეზების გამო:

1. ვარსკვლავში შეიმჩნეოდა ორი ღვარი სივრცობრივად გამოყოფილი ვიწრო კონუსებით, რომელთა ღვარული ნაწილაკების საერთო რიცხვი შეადგენდა  $n_s = 117$ . ნუკლონ-ნუკლონის დაჯახების დაშვებისას პირველადი ნაწილაკის ენერგია  $E = 3 \cdot 10^{10} eV$ . ეს მნიშვნელობა ძალიან შემცირებულია იმ ურთიერთქმედებისათვის, რომლის დროსაც გამოიყოფა ღვარული ნაწილაკების ასე დიდი რიცხვი.

2.  $n_s$  და  $\gamma_c$ -ს დახმარებით გამოთვლილი ნუკლონების რიცხვი მიღში 11-ზე მეტია, რაც უაზროა ფოტომულსიის ბირთვისათვის. შესაძლოა მოცემულ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდეს კასკადურ პროცესებს მშობელი ბირთვის მიგნით.

### შ ე დ ე გ ე ბ ი

1. კუთხური განაწილების იზოტროპულობა, რომელიც მიღებულია ცალ-ცალკე ვიწრო და ფართო კონუსებისათვის ორ ენერგეტიკულ ინტერვალში, როგორც ჩანს, არ ეწინააღმდეგება ტაკაგის იზობარულ და „ფაიერ-ბოლებს“ მოდელს.



ნახ. 9. ღვარული ნაწილაკების დიფერენციალური კუთხური განაწილება  $\Theta$ -სისტემაში მრავალშტანიანი ნაწილაკების მიერ წარმოქმნილი ღვარებისათვის

2. ღვარული ნაწილაკების ექსპერიმენტული კუთხური განაწილებები არ ეთანხმება ლანდაუსა და პაიზენბერგის თეორიებიდან გამომდინარე კუთხურ განაწილებებს ( $10^{11}$ — $10^{12}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში და არ ეწინააღმდეგება მათ ( $10^{12}$ — $10^{13}$ ) eV ენერგიების ინტერვალში.

3. პირველადი ნაწილაკის ენერგიის ზრდასთან ერთად იზრდება ანიზოტროპიის ხარისხი.

დასასრულს ავტორები მადლობას უხდებიან პროფ. ე. ანდრონიკაშვილს შრომისადმი ყურადღებისათვის და ლაბორანტებს: ს. გეტცს, ვ. დრონოვასა და ლ. კოჩეტკოვას — ფოტოფენების გასინჯვისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ფიზიკის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას შოუვიდა 21.6.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. Д. Ландау. О множественном образовании частиц при столкновениях быстрых частиц. Известия Академии Наук СССР. Серия физики, т. XVII, № 1 (51), 1953.
2. W. Heisenberg. Kosmische Strahlung. Berlin, 1953.
3. S. Takagi. Note on the statistical theory of the meson shower. Progr. Theor. Phys., vol. 7, № 1, 1952, 123.
4. C. C. Dilworth, S. J. Goldsack, T. F. Hoang, L. Scasi. An analysis of jets initiated by high energy cosmic rays. Nuovo Cimento, vol. 10, № 9, 1953, 1261.
5. C. Castagnoli, G. Cortini, C. F. Franzinetti, A. Manfredini and D. Moreno. An investigation on jets. Nuovo Cimento, vol. 10, № 11, 1953, 1539.
6. G. Bertolino. On cosmic ray jets. Nuovo Cimento, vol. 3, № 11, 1956, 141.
7. N. M. Duller and W. D. Walker. High energy meson production. Phys. Rev., vol. 93, № 1, 1954, 215.
8. K. Symanzik. Kosmische Strahlung, Berlin, 1953.
9. И. В. Дунин-Барковский и Н. И. Смирнов. Теория вероятностей и математическая статистика в технике. Москва, 1955.
10. P. Ciok, T. Coghén, H. Geirula, R. Holinski, A. Jurak, M. Miesowicz, T. Saniewska and J. Perneger. Nuclear interactions in the energy region ( $10^{10}$ — $10^{11}$ ) ev. Nuovo Cimento, vol. 10, № 5, 1958, 741.
11. Э. Г. Боос, А. Х. Виницкий, Ж. С. Такибаев, И. Я. Часников. Исследование ливня, вызванного однозарядной частицей высокой энергии. ЖЭТФ, т. 34, вып. 3, 1958, стр. 622.

3090

ბ. ცინცივილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),  
თ. ანდრონიკაშვილი, ლ. ლაშვირაშვილი,  
ც. გეჯაძე

### A და X ტიპის მოლეკულური საცრების ვერცხლის ფორმის მიღება

მრეწველობის მიერ გამოშვებული A და X ტიპის მოლეკულური საცრები ძირითადად ნატრიუმისა და კალციუმის ფორმის ხელოვნურ ცეოლიტებს წარმოადგენენ. მათ ფართოდ იყენებენ სხვადასხვა ტექნოლოგიურ პროცესში. ეს შეპირობებულია იმ სპეციფიკური თვისებებით, რომლებიც ამ ფორმის სხეულებს ახასიათებთ [1, 2, 3].

ცეოლიტების მიმოცვლითი უნარი საშუალებას გვაძლევს, მივიღოთ სხვადასხვა ფორმის კათიონჩანაცვლებული მოლეკულური საცრის ფორმები, რომლებიც თავისი თვისებებით განსხვავდებიან საწყისი ფორმისაგან.

ჩვენ მიზანს შეადგენდა  $\text{NaA}$  და  $\text{NaX}$  ცეოლიტებისგან A და X ტიპის მოლეკულური საცრების ვერცხლის ფორმის მიღება. იონმიმოცვლითი რეაქციით ჩვენ მიერ მიღებული ვერცხლის ფორმის ცეოლიტები განსხვავდებიან ნატრიუმის საწყისი ფორმისაგან თავისებური ადსორბციული თვისებებით, რის გამოც განსაკუთრებით საინტერესოა მათი გამოყენება ქრომატოგრაფიულ პროცესებში.  $60^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის ზევით მათ ახასიათებთ წყალბადის, ნახშირჟანგისა და დაწყებული ეთილენიდან ოლეფინური ნახშირწყალბადების საკმაოდ მტკიცედ ფიქსირების უნარი. აქ არ არის გამორიცხული ქიმიური ურთიერთქმედება. რაც შეეხება ნაჯერი ნახშირწყალბადების ნარეგს, რომელიც შედგება  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  და  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ -საგან, იგი კარგად იყოფა შემადგენელ კომპონენტებად ამ ტიპის მოლეკულურ საცერზე. ნატრიუმის ფორმა მოკლებულია ამ თვისებას. წყალბადი, ნახშირჟანგი და უჯერი ნახშირწყალბადები ადვილად ელუირდებიან ამ სორბენტიდან აირმატარებლის ნაკადით.

ბარერმა [4, 5, 6] გამოიყენა იონმიმოცვლის მეთოდიკა ვერცხლის ფორმის მისაღებად ისეთი საწყისი მინერალებიდან, როგორცაა კანკრენიტი და ულტრაპარინი. მას აგრეთვე გამოყენებული აქვს შელობის მეთოდი ვერცხლის ნიტრატთან  $225^{\circ}\text{C}$ -ზე და იონმიმოცვლითი პიდროთერმული რეაქცია ვერცხლის ნიტრატის ხსნართან.

ვერცხლის ფორმის მიღების ჩვენი მეთოდიკა შემდეგში მდგომარეობდა. ცეოლიტის A და X ტიპის ნატრიუმის ფორმებს (მომზადებული ВНИИП საცდელი ბაზის მიერ ქ. გორკში) ვრეცხავდით ცხელი გამობდილი წყლით,



შესაძლო მინარევების—ნატრიუმის ალუმინატისა და ნატრიუმის ტუტის—პრაქტიკულად სრულ მოცილებამდე.

მინარევების სრული მოცილება მოწმდებოდა ფილტრატის pH-ის გაზომვით მის მუდმივ მნიშვნელობამდე. გარეცხილ ნატრიუმის ფორმას ვაშრობდით მუდმივ წონამდე ( $t=220-230^\circ$ ), რის შემდეგ იგი მზად იყო იონ-მიმოცვლითი რეაქციის ჩასატარებლად. მიღებულ მოლეკულურ საცერზე ემოქმედებდით 0,1 ნ ვერცხლის ნიტრატის წყალხსნარით შენდევგი შეფარდებით: 6 მლ ახლად მომზადებული ვერცხლის ნიტრატის ხსნარი 1 გ მუდმივ წონაზე დაყვანილ ნატრიუმის ფორმის მოლეკულურ საცერზე.

რეაქციის უკეთესი მიმდინარეობისათვის დაეშვებოდა ხდებოდა ძლიერი მორევით 20 წუთის განმავლობაში. შემდეგ მოლეკულურ საცერს ვერცხავდით ბიუნხერის ჯაბრზე გამოხდილი წყლით, ფილტრატში ვერცხლის იონზე უარყოფით რეაქციამდე.

ამგვარად, გარეცხილ ცეოლიტს გაშრობის შემდეგ ისევ ვამუშავებდით ვერცხლის ნიტრატის ხსნარით და ა. შ. სინთეზის ასეთი მეთოდი გამოყენებულია იმ თვალსაზრისით, რომ არ მომხდარიყო ცეოლიტური სტრუქტურის ცვალებადობა და ვერცხლის ნიტრატისა და, შესაძლოა კიდევ სხვა წარმოქმნილი პროდუქტების, თანადალექვა შერეული ფაზის ცეოლიტი-მარილის წარმოქმნა. ტარდებოდა ვერცხლის ფორმის მოლეკულური საცერების ქიმიური ანალიზი.

იმისათვის, რომ კონტროლი გაგვეწვია ცეოლიტის კრისტალური სტრუქტურის შენარჩუნებისათვის იონ-მიმოცვლითი რეაქციის ჩატარების პროცესში, გადაღებული იყო დებავებები. მიღებული რენტგენული მონაცემები ადასტურებდა იმას, რომ ჩვენ მიერ გამოიშვებულ პირობებში Na-ფორმის ცეოლიტიდან ვერცხლის ფორმაზე გადასვლისას მყარი სხეულის ცეოლიტური სტრუქტურა არ იცვლება.

A ტიპის მოლეკულური საცერის ვერცხლის ფორმის მიღებისას ჩატარებულია NaA ფორმის ნ-ჯერადი დამუშავება, რის შედეგადაც მიღებულია პროდუქტები ვერცხლის შემდეგი შემცველობით (ცხრილი 1):

ცხრილი 1

გამოსავალი მოლეკულური საცერი	დამუშავების პირობები	ვერცხლის შემცველობა წონითი %-ით
Na	ერთჯერადი ჩანაცვლების პროდუქტი	2,70
"	ორჯერადი " "	5,39
"	სამჯერადი " "	17,26
"	თხუთჯერადი " "	21,57
"	ხუთჯერადი " "	27,24
"	ექვსჯერადი " "	32,36

ვერცხლის შემცველობა მოლეკულურ საცერებში დადგენილია გატიტრვის მეთოდით ფოლპარდის მიხედვით.

ქიმიური ანალიზის მონაცემების საფუძველზე დადგენილია A ტიპის მოლეკულური საცერის ქიმიური ფორმულა, რომელიც ექვსჯერადი დამუშავე-

ბის შემთხვევაში შეესაბამება პროლუქტს  $0,68 \text{ Ag}_2\text{O} \cdot 0,23 \text{ Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1,91 \text{ SiO}_2 \cdot 3,8 \text{ H}_2\text{O}$ .

ზემოთ აღნიშნული ცეოლიტის შედგენილობა მოლური პროცენტებით შემდეგნაირად გამოიხატება:

$\text{Ag}_2\text{O}$ —8,9%;  $\text{Na}_2\text{O}$ —3%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —13%;  $\text{SiO}_2$ —25%;  $\text{H}_2\text{O}$ —49,8%.  
ორჯერად დამუშავებული X ტიპის მოლეკულური საცრის ფორმულა

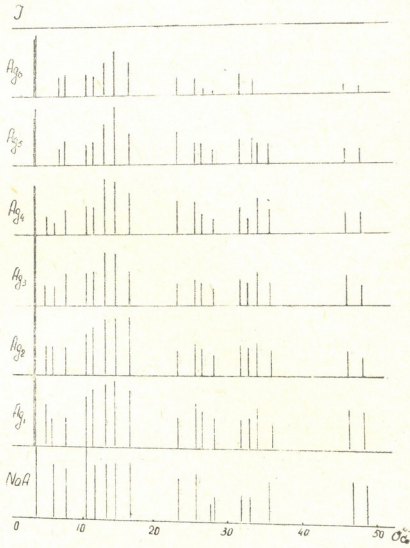
გამოისახება:

$0,22 \text{ Ag}_2\text{O} \cdot 0,71 \text{ Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,19 \text{ SiO}_2 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ ;

მოლური პროცენტებით:

$\text{Ag}_2\text{O}$ —2,3%;  $\text{Na}_2\text{O}$ —7,6%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —10,7%;  $\text{SiO}_2$ —23,4%;  $\text{H}_2\text{O}$ —55,8%.

მოლეკულური საცრების დებაეგრამები მიღებულია YPC—55a დანადგარზე, PKD კამერაში, რომლის დიამეტრი 57,3 მმ ტოლია. გამოყენებულია სპილენძის მილი ECBAT  $\text{CuK}\alpha = 1,54 \text{ \AA}$ . ნიმუშები გადასაღებად მზადდებოდა სტანდარტული მეთოდით. 0,5 მმ დიამეტრის კაპილარი ივსებოდა ნიმუშების ფხვნილით. ექსპოზიცია გრძელდებოდა 3 საათი. გადაღების რეჟიმი იყო: ძაბვა—35 კვ, დენის ძალა—14 mA. რენტგენოგრამები გადაღებულია „Agfa“-ს ფირზე. ხაზების ინტენსივობის შეფასებას ვახდენდით ათქულიანი სისტემით.



ნახ. 1-ზე წარ-

ნახ. 1

მოადგენილია სექტური დიაგრამა  $\text{NaAl}$  და მისი ვერცხლის იონნიმოცვლითი ფორმებისა. დებაეგრამების შედარებიდან ცხადია, რომ რენტგენული სურათი, რომელიც ახასიათებს მოლეკულურ საცრებს, ყველა ნიმუშში ძირითადად ინარჩუნებს თავის

სახეს, მხოლოდ შეიმჩნევა ზოგიერთი ცვალემა სიბრტყეთა შორის მანძი-  
ლებსა და ინტენსივობაში.

გადაღებული დებაეგრამების საფუძველზე გამოთვლილია ელემენტარული  
კუბური უჯრედის  $a_0$  პარამეტრის სიდიდე ჩვენ მიერ მიღებული Ag-ცეოლი-  
ტებისათვის (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

NaA	(Ag <sub>1</sub> <sup>+</sup> Na) A	(Ag <sub>2</sub> <sup>+</sup> Na) A	(Ag <sub>3</sub> <sup>+</sup> Na) A	(Ag <sub>4</sub> <sup>+</sup> Na) A	(Ag <sub>5</sub> <sup>+</sup> Na) A	(Ag <sub>6</sub> <sup>+</sup> Na) A
12,25 Å	12,34 Å	12,35 Å	12,36 Å	12,32 Å	12,30 Å	12,30 Å

\* 1, 2, 3... — დამუშავების ჯერადობა.

### დასკვნა

შემუშავებულია A და X ტიპის მოლეკულური საცრების ვერცხლის  
ფორმის მიღების იონმიმოცვლითი მეთოდი. აღწერილია იონმიმოცვლითი  
მეთოდით მიღებული A და X ტიპის ვერცხლის ფორმის მოლეკულური საც-  
რები. გადაღებულია მიღებული ვერცხლის ფორმის მოლეკულური საცრე-  
ბის დებაეგრამები და გამოთვლილია მათი ელემენტარული უჯრედის პარა-  
მეტრები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახელობის

ქიმიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.10.1961)

### დავოყვებული ლიტერატურა

1. R. M. Barrer. New selective sorbents: porous crystals as molecular filters. *British Chemical Engineering*, May, 1959, 267.
2. Г. В. Цицишвили и Т. Г. Андроникашвили. Молекулярные сита. Приложение к Бюллетеню научно-технической информации. Изд. ГИТК Совета Министров СССР, 1960.
3. В. Я. Николина, И. Е. Неймарк, М. А. Пионтковская. Молекулярные сита. *Успехи химии*, 29, № 9, 1088, 1960.
4. R. M. Barrer, J. D. Falconer. Ion exchange in feldspathoids as a solid-state reaction, *Proc. Roy. Soc., A* 236, 227, 1956.
5. R. M. Barrer, J. S. Raitt. Ion Exchange in Ultramarine. *J. Chem. Soc.* December 4641, 1954.
6. R. M. Barrer, W. H. Meier. Structural and Ion sieve properties of A Synthetic crystalline Exchanger. *Trans. Farad. Soc.* 1074, 1958.

ა. ზაფლაშვილი

როდამინ ბ-ს გაუფერულების შესწავლა ბამა-სხივების მოქმედებისას

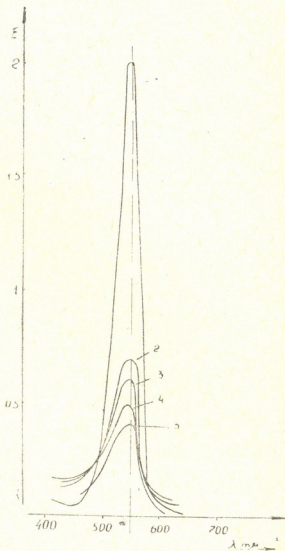
(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ზ. ციციშვილმა 6.1.1961)

როდამინ ბ-ს წყალხსნარის ფოტოქიმიური გამოკვლევების [1] საფუძველზე შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ მისი გაუფერულების რეაქცია მიმდინარეობს მხოლოდ ულტრაიისფერი სინათლის დიდი ქვანტების მოქმედებით, ამასთან ძალიან ნელა. ხილულ სინათლის მიმართ როდამინ ბ ფოტოქიმიურ მდგრადობას ამჟღავნებს. დადგენილია აგრეთვე, რომ ჟანგბადის არსებობისას ადგილი აქვს საღებავის შეუქცევად, დესტრუქციულ დაჟანგვის ფოტოქიმიურ რეაქციას.

წინამდებარე შრომა ეხება როდამინ ბ-ს წყალხსნარების ბამა-სხივების ზემოქმედებით გამოწვეული გაუფერულების აღწერას.

ქვემოთ აღწერილი ექსპერიმენტი ტარდებოდა როდამინ ბ-ს გაუფერულებაზე ძირითადი ფაქტორების (როგორცაა გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაცია, გამოსხივების სიდიდე და სიმძლავრე, და სხვა) გავლენის შესახებ მონაცემების მიღების მიზნით. მეთოდის აღწერისთვის [2, 3] მიღებული მონაცემების ანალოგიურად, ჩვენი ექსპერიმენტის შედეგებში შესაძლებელია მიგვიითოს როდამინ ბ-ს წყალხსნარების გაუფერულების რეაქციის გამადოზიმეტრიის მიზნებისათვის ვარგისიანობაზე.

ბამა-გამოსხივების წყაროდ გამოიყენებოდა  $C_{60}$  აქტივობით რადიუმის 300 გ. ეკვ. დოზის სიმძლავრე იზომებოდა ფეროსულ-



ნახ. 1. როდამინ ბ-ს წყალხსნარის ელექტრონული შთანთქმის სპექტრები: 1—გაუფერებამდე; 2, 3, 4, 5—35000, 52500, 70000, 87500 რენტგენი დოზებით გაუფერებისას

ფატური მეთოდით. როდამინ ბ-ს ხსნარების გაშუქება წარმოებდა ოთახის ტემპერატურაზე მილესილსაცობიანი მინის სინჯარაში ჰაერის ატმოსფეროში. ხსნარების კონცენტრაცია შეადგენდა  $1.40 \cdot 10^{-5} - 0,28 \cdot 10^{-5}$  მოლ/ლ. შრომაში გამოყენებული როდამინ ბ, მარკით X<sup>4</sup>, სუფთავებოდა წყლიან გადაკრისტალების გზით. როდამინ ბ-ს სისუფთავე და ფერის სიღრმე განისაზღვრებოდა სპექტროფოტომეტრულად. შთანთქმის ელექტრული სავტრები ისწავლებოდა კვარცის სპექტროფოტომეტრზე ЦФ—4. კიუვეტის სისქე ყველა გაზოვისთვის შეადგენდა 10 მმ-ს.

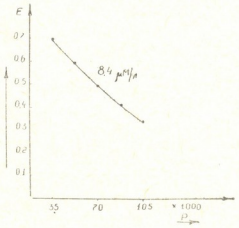
კრისტალური როდამინ ბ-ს წყალხსნარს, კონცენტრაციით  $0,84 \times 10^{-5}$ , ახსიათებს შთანთქმის ბრტყელი ზოლი 460—590 მკმ არეში, მკვეთრად გამოსახული მაქსიმუმით 550 მკმ ტალღის სიგრძისას (იხ. სურ. 1, მრუდი 1). შთანთქმის მოლარული კოეფიციენტი 550 მკმ ტალღაზე შეადგენს  $\epsilon = 33 \cdot 10^4$ . ჩვენ მიერ შესწავლილი კონცენტრაციის ფარგლებში ( $1,4 \times 10^{-5} - 0,1 \cdot 10^{-6}$  მოლ/ლ) მრუდის საერთო ფორმა შენარჩუნებულია და 550 მკმ-ზე დამახასიათებელი მაქსიმუმის ცვლილება ემორჩილება ლანბერტ-ბეერის კანონს.

როდამინ ბ-ს ხსნარების განსაზღვრული დოზებით გაშუქებისას აღდგომა აქვს ოპტიკური სიმკვრივის შემცირებას—საღებავის გაუფერულებას, ხოლო სპექტრალური მრუდების ხასიათი მუდმივი რჩება (იხ. სურ. 1, მრუდები 2, 3, 4, 5). გაუფერულების პროცესი შეუქცევადად მიმდინარეობს.

კონცენტრაციის გავლენა როდამინ ბ-ს რადიაციულ დაშლაზე ცხრილი 1

№№	როდამინ ბ-ს კონცენტრაცია, მოლ/ლ	გამოსხივების დოზა, რენტგენი	ოპტიკური სიმკვრივე E λ=550 მკმ ტალღაზე		გაუფერულების ნარისიბი %/ო-ით
			E <sub>0</sub> გაუშუქებელი ხსნარი	E გაშუქებული ხსნარი	
1	$0,40 \cdot 10^{-5}$	35000	3,36	2,35	30,0
2	$0,10 \cdot 10^{-5}$	"	2,74	1,59	42,0
3	$0,84 \cdot 10^{-5}$	"	2,04	0,70	65,6
4	$0,56 \cdot 10^{-5}$	"	1,39	0,07	95,0

ჩვენი ექსპერიმენტები ისეთ პირობებში ტარდებოდა, როდესაც საღებავის კონცენტრაცია შეადგენდა მოლ/ლ-ის ნაწილს. ამიტომ როდამინ ბ—



ნახ. 2. გამა გამოსხივების დოზის გავლენა როდამინ ბ-ს წყალხსნარის გაუფერულებაზე

წყალი სისტემაში გამა-გამოსხივების ზეგავლენით ნიმიდინარე პროცესები შეიძლება მეორად რეაქციებს მივაკუთვნოთ, რომლებიც ინიცირდებიან წყლის რადიოლიზის პროდუქტებით (ატომური წყალბადი—აღზდგენელი ნაწილი, თავისუფალი ჰიდროქსილები—დამჟანგველი ნაწილი). ჟანგბადის არსებობა, რომელიც იგრძნობს წყლის რადიოლიზის პროდუქტებიდან აღზდგენელ ნაწილს, უფრო შესაძლებელს ქმნის ჟანგვით პროცესებს. აქედან გამომდინარე, განსახილველი საღებავის შეუქცევადი გაუფერულების რეაქცია ჟანგბადის



არეში, ალბათ, მისი ჰიდროქსილის რადიკალებით დაჟინგვაში მდგომარეობს.

ისწავლებოდა აგრეთვე როდამინ ბ-ს განსაზღვრული კონცენტრაციის წყალხსნარის გაუფერულების ხასიათი გამა-სხივების დოზასთან დაკავშირებით. ექსპერიმენტების მონაცემები ნაჩვენებია სურ. 2-ზე და მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

გამა-გამოსხივების დოზის გავლენა როდამინ ბ-ს რადიაციულ დაშლაზე

№№	როდამინ ბ-ს ხსნარის კონცენტრაცია მ/ლ	გამოსხივების დოზა, რენტგენი	ობტიკური სიმკვრივე E λ=550 მკ ტალღაზე		სხვაობა ΔE = E <sub>1</sub> - E <sub>2,3,4,5</sub>
			E <sub>0</sub> გაუშუქებელი ხსნარი	გაშუქებული ხსნარი E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> , E <sub>3</sub> , E <sub>4</sub> , E <sub>5</sub>	
1	0,84 · 10 <sup>-5</sup>	35000	E <sub>0</sub> = 2,04	E <sub>1</sub> = 0,70	ΔE <sub>1</sub> = 0,1
2	"	52500	"	E <sub>2</sub> = 0,60	ΔE <sub>2</sub> = 0,2
3	"	70000	"	E <sub>3</sub> = 0,50	ΔE <sub>3</sub> = 0,28
4	"	87500	"	E <sub>4</sub> = 0,42	ΔE <sub>4</sub> = 0,36
5	"	105000	"	E <sub>5</sub> = 0,34	

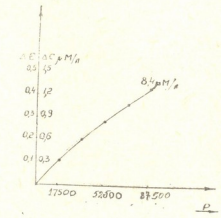
ზე-2 სურათის განხილვისას ყურადღებას იქცევს ობტიკური სიმკვრივის სწორხაზოვანი დამოკიდებულება გამოსხივების დოზისაგან. აღსანიშნავია, რომ ეს სწორხაზოვანი დამოკიდებულება დოზის სინძლავრის ცვლილების დროსაც არ ირღვევა.

კონცენტრაციისა და მთანტჰმის კოეფიციენტის E ცნობილი დამოკიდებულების საშუალებით განისაზღვრებოდა დაშლილი ნივთიერების რაოდენობა შემდეგნაირად:

$$\Delta C = \frac{\Delta E}{\epsilon} = \frac{\Delta E}{33 \cdot 10^4} = 3 E_{\mu} \text{ მოლ/ლ.}$$

ექსპერიმენტული მონაცემების საშუალებით იგებოდა მრუდი (სურ. 3) რეაქციის გამოსავლის განსაზღვრისათვის.

გამოსხივების დოზისაგან რეაქციის გამოსავლის სწორხაზოვანი დამოკიდებულება, მისი დამოუკიდებლობა დოზის სინძლავრისაგან და საღებავის კონცენტრაციისაგან (0,4 · 10<sup>-5</sup> — 0,1 · 10<sup>-6</sup> მოლ/ლ ფარგლებში) და აგრეთვე როდამინ ბ-ს გაუფერულების რეაქციის დამაკაყოფილებელი მისი ოვოგორც ქიმიური ო-დ-აზიმეტრის გამოყენების შესაძლებლობას.



ნახ. 3. გამა-გამოსხივების ზოგადე-  
ნით განზრეული როდამინ ბ-ს გა-  
უფერულების რეაქციის გამოსავალი  
განზოროდობა სახავს შემდგომ

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ფიზიკის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რეაქციის მოუფიდა 6.1.1961)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Н. Теренин. Фотохимия красителей. М., 1947.
2. Я. А. Шехтман, А. А. Красновский, И. В. Верещинский. Исследование выцветания метиленового голубого под влиянием х-лучей. ДАН СССР 74, 1950.
3. В. Д. Орехов, А. И. Чернова, М. А. Проскурнин. О действии  $\gamma$ -излучения на краситель метиленовой голубой в водном растворе. Сборник работ по радиационной химии. Изд. АН СССР, 1955, стр. 85.

**მაგია**

თ. კანდელაკი

**ღვინოში კალიუმის განსაზღვრის კოლორიმეტრიული მეთოდი**

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა დ. ერისთავმა 8.2.1961)

კალიუმი ღვინის მინერალური ნაწილის ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი კომპონენტი, რომელიც ნაცრის ელემენტების 50%-ს შეადგენს [1]. ღვინოში სუფთა კალიუმის რაოდენობა 0,14-2,0 გრ-მდე მერყეობს ლიტრზე, ტკბილ ღვინოში კი იგი 3,5 გრამამდე აღის [2].

კალიუმის რაოდენობაზე დიდად არის დამოკიდებული ამა თუ იმ ღვინის ღირსება. ჭარბი რაოდენობით კალიუმის არსებობა არაა სასურველი, რადგანაც ამ დროს ღვინის გემო ხდება უხეში, ხოლო კალიუმის ნორმალური რაოდენობა ღვინოს სქეს განსაკუთრებულ სინაზეს, სისრულესა და სირბილეს. კალიუმი, ანეიტრალებს რა ღვინის მჟავიანობას, ხელს უწყობს ღვინოში არსებული მჟავების განაწილებას ფორმების მიხედვით, რაზედაც დიდად არის დამოკიდებული ღვინის აქტიური მჟავიანობა. ამასთანავე ერთად, კალიუმის მარილების განსაზღვრული რაოდენობა აუცილებელია ცოცხალი ორგანიზმის კვებისათვის [1].

ღვინოში კალიუმის ღვინომჟავა მარილების ჭარბი რაოდენობით არსებობა ღვინის ტიტრულ მჟავიანობასა, სიმეგრესა და ღვინის შენახვის ტემპერატურასთან დაკავშირებით, იწვევს პროდუქციის ამღვრევას, რაც არასასურველი მოვლენაა.

აქედან გამომდინარე, გასაგებია, თუ რა დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ღვინოში კალიუმის რაოდენობის განსაზღვრას და ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარების დროს, ღვინის ტიპთან დაკავშირებით, მის რეგულირებას.

არსებობს კალიუმის განსაზღვრის მრავალი მეთოდი, რომლებიც ანალიზის ჩატარების სირთულითა და ზოგიერთ შემთხვევაში ძვირად ღირებული რეაქტივების გამოყენებით გამოირჩევიან.

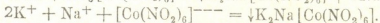
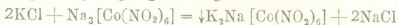
კლასიკურ მეთოდად ითვლება კალიუმის განსაზღვრა ქლორპლატინატის საშუალებით, რომლის გამოყენებაც, მიუხედავად ანალიზის სიზუსტისა, შეფერხებულია ძვირფასი რეაქტივის გამოყენების გამო.

მასობრივი ანალიზების ჩატარებისათვის მიზანშეწონილია კობალტნიტრატის წონითი, მოცულობითი და კოლორიმეტრიული მეთოდების გამოყენება. კობალტნიტრატული მეთოდი თავისი სიზუსტით არ ჩამოუვარდება კლასიკურ ქლორპლატინატურ მეთოდს [5].

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვემუშაებინა ღვინოში კალიუმის განსაზღვრის შედარებით მარტივი და იაფი მეთოდი, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელი იქნებოდა მასიური ანალიზების ჩატარების დროს.

### მეთოდის პრინციპი

კალიუმს ვლექავთ ნატრიუმკობალნიტრიტით —  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  და ვღებულობთ კობალტნიტრიტის ნატრიუმისა და კალიუმის ყვითელი ფერის ნალექს —  $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ . ნატრიუმკობალნიტრიტი წარმოადგენს სამვალენტოვანი კობალტის კომპლექსურ მარილს, რომლის დისოციაციის დროსაც წარმოიქმნება  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$  იონები, რომლებიც ურთიერთ მოქმედებენ კალიუმისა და ნატრიუმის იონებთან [3,4]



რეაქციის ჩატარება შესაძლებელია ნეიტრალურ ან სუსტ მჟავე არეში.

ნალექს ვრეცხავთ ეთილის სპირტით. მიღებულ სუფთა ნალექს ვშლით წყალში, მდუღარი წყლის აბაზანაზე გაცხელებით. გაცხელების შედეგად მიიღება უფერული ხსნარი, რომელიც შედგება ნიტრიტების ნარევისაგან [5]. ხსნარში ნიტრიტების განსაზღვრას ვაწარმოებთ კოლორიმეტრიული მეთოდით, რომელიც დამყარებულია ყვითელი შეფერვის მიღებაზე სულფანილმჟავისა და ფენოლის საკვლევ ხსნარზე დამატების საშუალებით [6,7]. ამ დროს წარმოიქმნება დიაზოტირებული სულფანილმჟავა, რომელიც უერთდება ფენოლს 4-სულფო -4-ოქსიაზობენზოლის ( $\text{SO}_3\text{H} - \text{C}_6\text{H}_4\text{N} = \text{NC}_6\text{H}_4 - \text{OH}$ ) წარმოქმნით. ეს უკანასკნელი გვაძლევს ყვითელ შეფერვას, რომლის ინტენსივობაც საკვლევ ხსნარში ნიტრიტების შემცველობას შეესაბამება; მიღებული ნიტრიტების რაოდენობა კი საანალიზო ღვინოს ნიმუშში კალიუმის რაოდენობის პროპორციულია.

### საქირო რეაქტივები

1. ნატრიუმკობალნიტრიტის ხსნარი, რომელიც მზადდება ორი ხსნარის ურთიერთშერევით.

ხსნარი A: 25 გრ. კრისტალურ აზოტმჟავა კობალტს ვხსნით 50 მლ წყალში და ვუმატებთ 12,5 მლ ყინულოვან ძმარმჟავას.

ხსნარი B: 120 გრ. ქიმიურად სუფთა  $\text{NaNO}_2$ -ს ვხსნით 180 მლ გამოხდილ წყალში.

ვიღებთ ხსნარ B-ს 210 მლ-ს და ვუმატებთ ხსნარ A-ს მთლიან რაოდენობას. მიღებულ ნარევი ვატარებთ ჰერის ნაკადს გამოყოფილი აზოტის ჟანგეულების მთლიან მოცილებამდე. დამზადებული რეაქტივი, რომელიც ვარგისია ერთი თვის განმავლობაში, უნდა შევინახოთ მაცივარში და გავფილტროთ ხმარების წინ [8, 9, 10].



2. სულფანილმჟავისა და ფენოლის ნაზავი 1 გრ. სულფანილმჟავას ვა-  
ცხელებით ვხსნით 100 მლ ამონიუმქლორიდის ნაჭერ სხნარში (NH<sub>4</sub>Cl). მი-  
ღებულ სხნარს ვუმატებთ 1,5 გრ. ფენოლს და 100 მლ გამოხდილ წყალს. დამ-  
ზადებული რეაქტივი კარგად ინახება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში [4].

3. კალიუმის სტანდარტული სხნარი. ძლიერ ზუსტად აწონილ ქიმიურად  
სუფთა კრისტალურ გოგირდმჟავა კალიუმის — K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — 0,4457 გრამს ვხსნით  
1 ლ გამოხდილ წყალში. ასეთი სხნარის 1 მლ შეიცავს 0,2 მგ კალიუმს.

- 4. მარილმჟავას ნორმალური სხნარი.
- 5. 70 %-იანი ეთილის სპირტი.
- 6. 25 %-იანი NH<sub>4</sub>OH.
- 7. 5% -იანი CaCl<sub>2</sub> -ის სხნარი.

8. Ca<sup>2+</sup> -ის ფორმაში გადაყვანილი კათიონმცვლელი ფისი KY — 2. ვი-  
ღებთ კათიონმცვლელი ფისის KY —2-ის 2 მლ-ს და ვთავსებთ 25 მლ-იან ბი-  
ურტში, რომელსაც ონკანთან ვაკეთებულ აქვს შუშის ბამბა. კათიონიტში  
მინიმალური სიჩქარით ზევიდან ქვევით ვატარებთ მარილმჟავას ნორმალურ  
სხნარს რკინის იონების მთლიან მოცილებამდე, რასაც ვამოწმებთ ჩამონარე-  
ცხი მარილმჟავას თვისობრივი რეაქციით რკინაზე როდანამონიუმის  
10 %-იანი სხნარის საშუალებით. კათიონიტს ვრეცხავთ გამოხდილი წყლით  
ტეიტრალურ რეაქტივამდე, რის შემდეგაც მასში ვატარებთ 20 მლ 5%-იან  
CaCl<sub>2</sub>. მინიმალურ სიჩქარით. კვლავ ვრეცხავთ 100 მლ გამოხდილი წყლით.  
ასეთი სახით დამუშავებული კათიონიტი გადაყვანილია Ca<sup>2+</sup> -ის ფორმაში და  
მზად არის გამოსაყენებლად.

ანალიზის მსვლელობა

1. ღვინის ნიმუშის მომზადება საანალიზოდ. ბიუ-  
რეტში, რომელშიაც მოთავსებული გვაქვს Ca<sup>2+</sup> -ის ფორმაში მყოფი კათი-  
ონმცვლელი ფისის KY—2-ის 2 მლ, მინიმალური სიჩქარით ზევიდან ქვევით  
ვატარებთ 5 მლ საანალიზო ღვინოს. ამ დროს კათიონიტის Ca<sup>2+</sup> -ის ღვინოში  
არსებულ კათიონებზე ვაცვლის შედეგად ხდება მათი იონიტებზე დაკავება.  
ღვინის გავლის შემდეგ კათიონიტში ვატარებთ გამოხდილ წყალს, იონიტების  
ფენაში დარჩენილი ღვინის გამოსადევნად. კათიონიტზე დაკავებული, ღვინო-  
ში არსებული კათიონებს, გამოსანთავისუფლებლად (მათ შორის კალიუმის)  
იონიტების ფენაში მინიმალური სიჩქარით ვატარებთ 20 მლ 5%-იან CaCl<sub>2</sub>-ს  
და ბიურეტოდან ჩამონადენ სხნარს ვაგროვებთ 50 მლ-იან საზომ კოლბაში.  
კოლბას გამოხდილი წყლით ვავსებთ ნიშანხაზამდე. CaCl<sub>2</sub>-ის ვატარების შემ-  
დეგ იონიტებს ვრეცხავთ 100 მლ გამოხდილი წყლით.

ამრიგად, კათიონიტი კვლავ გადაყვანილი გვაქვს Ca<sup>2+</sup> -ის ფორმაში და  
შესაძლებელია მისი ხელახალი გამოყენება.

$\text{Ca}^{2+}$ -ის ფორმაში მყოფ კათიონმცველ ფისში ღვინის გატარების დროს სხვა კათიონებთან ერთად ხდება აგრეთვე ღვინოში არსებული რკინის იონების იონიტზე დაკავება. დაკავებული კათიონების გამონთავისუფლების მიზნით ილ-ნიტის 5 %-იანი  $\text{CaCl}_2$ -ით დამუშავების დროს არ ხდება ღვინიდან აკუმულირებული რკინის იონების გამონთავისუფლება, რაც ამცირებს კათიონიტის გაცვლით მოცულობას. ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით 5-6 განსაზღვრის შემდეგ კათიონიტი უნდა დაეამუშავოთ ნორმალური მარილმჟავათი და შემდეგ 5 %-იან  $\text{CaCl}_2$ -ით ზემოთ აღწერილი მეთოდით.

2. კ ა ლ ი უ მ ი ს გ ა მ ო ლ ე ქ ე ა. 50 მლ საზომ კოლბიდან საანალიზოდ ვილებთ 10 მლ ხსნარს, რომელიც ღვინის 1 მლ-ს შეესაბამება. საანალიზო ხსნარს ვათავსებთ ცენტრიფუგის სინჯარაში და წვეთწვეთობით ვუმატებთ ახლად გაფილტრულ ნატრიუმპოტალტნიტრატის ხსნარს 10 მლ-ს. მიღებულ ნაზავს ვაყოვნებთ 45 წუთის განმავლობაში, რათა კალიუმისა და ნატრიუმის კობალტნატრატის მარილს მივცეთ წარმოქმნის საშუალება. 45 წუთის შემდეგ ვახდენთ ნაზავის ცენტრიფუგირებას.

ცენტრიფუგირებას ვაწარმოებთ 15 წუთის განმავლობაში 3000 ბრუნვის დროს წუთში. ნალექს ფრთხილად ვაცლით სითხეს. ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყლის ქავლიანი ტუმბო. პასტერის პიპეტი ზემოთ აწეული ზოლოთი ან ნალექის ზედაპირიდან სითხის მოსაცილებელი მარტივი ხელსაწყო.

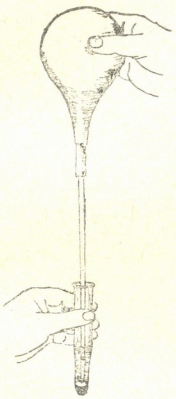
ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნალექს ვუმატებთ 2-3 მლ 70 %-იან ეთილის სპირტს და ნალექს ფრთხილად ვფრევთ მინის წვრილი წკირით. მინის წკირისა და სინჯარის კედლებს ვრეცხავთ 2 მლ ეთილის სპირტით და ვაწარმოებთ განმეორებით ცენტრიფუგირებას. ნალექის სპირტით ვარეცხავს ვაგრძელებთ მანამ, სანამ არ მივიღებთ სრულად სუფთა სპირტს. ჩვეულებრივ ამ ოპერაციისათვის საჭიროა 2-3-ჯერ ცენტრიფუგირება.

3. ნ ა ლ ე ქ ი ს გ ა ხ ს ნ ა. მიღებულ სუფთა ნალექს ცენტრიფუგის სინჯარაში ვუმატებთ 5 მლ გამოხდილ წყალს და ვდგამთ სინჯარას მდულარი წყლის აბაზანაში. მინის წვრილი წკირით სინჯარას კედლებიდან ვაცლით დარჩენილ ნალექს. 5-10 წუთის შემდეგ ნალექი გაიხსნება წყალში და ვღებულობთ უფერულ ხსნარს, რომელიც წარმოადგენს ნიტრიტების ნარევს. გაუფერულებულ ხსნარს ვაცივებთ ოთახის ტემპერატურამდე.

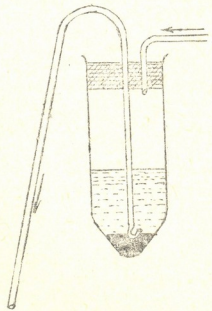
4. ფ ე რ ა დ ი რ ე ა ქ ც ი ა. ოთახის ტემპერატურამდე გაცივებული ხსნარი გამოხდილი წყლის საშუალებით ცენტრიფუგის სინჯარიდან გადაგვაქვს 100 მლ-იან საზომ კოლბაში. ფერადი რეაქციისათვის კოლბიდან ვიღებთ საანალიზო ხსნარის 1 მლ-ს და ვათავსებთ 100 მლ-იან საზომ კოლბაში, ვუმატებთ 50 მლ გამოხდილ წყალს 1 მლ ნორმალურ მარილმჟავას და 1 მლ სულფანილ-ჩავისა და ფენოლის ნაზავს. მიღებულ ნაზავს 15 წუთის დაყოვნების შემდეგ წვეთწვეთობით ვუმატებთ 25%-იან  $\text{NH}_4\text{OH}$ -ს მანამ, სანამ ნაზავი არ მიიღებს ყვითელ შეფერვას. ჰარბი რაოდენობით  $\text{NH}_4\text{OH}$ -ის მიმატება არაა საშიში. კოლბას გამოხდილი წყლით ვავსებთ ნიშანხაზამდე და ვახდენთ მიღებუ-

ლი ყვეთელი ხსნარის ფოტოელექტროკოლორიმეტრიებას. კოლორიმეტრიული განსაზღვრის დროს ვიყენებთ ცისფერ შუქფილტრს. კოლორიმეტრის ჩვენების საშუალებით საკალიბრო მრუდზე ეპოულობთ საკვლევ ნიმუშში კალიუმის რაოდენობას.

5. საკალიბრო მრუდის აგება. საკალიბრო მრუდის ასაგებად ცენტრიფუგის სინჯარებში ვათავსებთ სხვადასხვა რაოდენობით სტანდარტულ ხსნარს, რომელიც შეიცავს კალიუმის ცნობილ რაოდენობას. სტანდარ-



ნახ. 1. ნალექიდან სითხის მოცილება პატერის პიპეტით



ნახ. 2. ნალექის ზედაპირიდან სითხის მოსაცილებელი მარტივი ხელსაწყო

ტულ ხსნარში კალიუმის რაოდენობის განსაზღვრას ვაწარმოებთ ზემოთ აღწერილ მეთოდით. საკალიბრო მრუდის ასაგებად აბსცისათა ღერძზე გადავზომავთ კალიუმის ცნობილ რაოდენობას, ხოლო ორდინატთა ღერძზე—კოლორიმეტრის შესაბამის ჩვენებებს. პერიოდულად საჭიროა საკალიბრო მრუდის შემოწმება.

ღვინოში კალიუმის განსაზღვრის კოლორიმეტრიული მეთოდის შემოწმების მიზნით სხვადასხვა ღვინოებში განსაზღვრულ იქნა კალიუმის რაოდენობა მასზე სტანდარტული ხსნარის დამატებამდე და დამატების შემდეგ. მიღებული შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1

№№ რიგზე	ღვინოში ნაოქონი კალიუმის რაოდენობა მგ/მლ	ნიმბატული კალიუმის რაოდენობა მგ-ბით	ნაოქონი კალიუმის რაოდენობა მგ/მლ	უნდა ყოფილიყო კალიუმის ცტრ/მლ	ცდომილება	
					მგ-ით	%-ით
1	0,71	0,4	1,08	1,11	-0,03	2,70
2	0,78	0,4	1,15	1,18	-0,03	2,54
3	1,10	0,16	1,23	1,26	-0,03	2,38
4	0,65	0,16	0,79	0,81	-0,02	2,47
5	0,58	0,16	0,72	0,74	-0,02	2,70
6	0,71	0,16	0,55	0,87	-0,02	2,50
7	0,33	0,24	0,55	0,57	-0,02	3,50
8	1,13	0,16	1,26	1,29	-0,03	2,32
9	0,47	0,16	0,61	0,63	-0,02	3,17
10	0,84	0,24	1,15	1,18	-0,03	2,54
11	1,09	0,24	1,29	1,33	-0,04	3,00
12	0,75	0,16	0,88	0,91	-0,03	3,3

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, აღწერილი მეთოდით ღვინოში კალიუმის განსაზღვრის დროს ცდომილება შეადგენს დაახლოებით — 3%/ს.

კალიუმის განსაზღვრის ცნობილ მეთოდებში მიღებულია საანალიზო ნიმუშის დანაცრება და ნაცარში კალიუმის განსაზღვრა, რაც მეტად შრომატევადი პროცესია. ჩვენ მეთოდში დანაცრების ნაცვლად საანალიზო ნიმუშს ვატარებთ  $Ca^{2+}$ -ის ფორმაში მყოფი კათიონიტის ფენაში, რომლის დროსაც ხდება ღვინის ნაცრის შემადგენელი კათიონების იონიტზე დაკავება, რომელთა 5%-იანი  $CaCl_2$ -ით გამონთავისუფლების შემდეგ ელიუატში ვახდენთ კალიუმის განსაზღვრას.

საანალიზო ნიმუშს დანაცრების ნაცვლად,  $Ca^{2+}$ -ს ფორმაში მყოფი კათიონიტით დამუშავების სიზუსტის შემოწმების მიზნით მოვახდინეთ კალიუმის განსაზღვრა ერთი და იგივე ნიმუშში დანაცრებისა და კათიონიტის ფენაში გატარების შემდეგ. მიღებული შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

საანალიზო ნიმუშის დანაცრებას ვახდენდით შემდეგნაირად: 10 მლ ღვინოს ვათავსებდით პლატინის ჯამში და ვაორთქლებდით წყლის აბაზანაზე მკვრივი მასის მიღებამდე. აორთქლების შემდეგ საანალიზო ნიმუშს ვანაცრებდით ელექტროდუმელში გახურებით 600°-ს ფარგლებში, კალიუმის დაკარგვას თავიდან აცილების მიზნით. ნაცარს ვამუშავებდით 1 მლ HCl-ით (ხვ. წ. 1,19) და ვაორთქლებდით წყლის აბაზანაზე სიროფისებრ მდგომარეობამდე. ამის შემდეგ ვუმატებდით 10 მლ წყალს და კვლავ ვაორთქლებდით 1 მლ მოცულობამდე. ამ ოპერაციას ზედმეტი მჟავის მოსაშორებლად ვიმეორებდით ორჯერ. პლატინის ჯამის შიგთავსი გამოხდილი წყლის საშუალებით გადაგვექონდა 100 მლ საზომ კოლბაში. კალიუმის განსაზღვრისათვის ვიყენებდით მიღებული ხსნარის 10 მლ-ს, რომელიც საანალიზო ღვინის 1 მლ-ს შეესაბამება [11].



ცხრილი 2

№№ რიგზე	ნიმუშის დასახელება	დანაცრების შემდეგ განსაზღვრული კალიუმის რაოდენობა, მგრ/ლ	კათიონიტის ფენაში გატარების შემდეგ განსაზღვ. კალიუმის რაოდენობა, მგრ/ლ
1	ჩინური	700	710
2	კახური № 8	960	980
3	ყურძნის წვენი	1150	1170
4	ალიგოტე	770	780

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, საანალიზო ნიმუშის დანაცრებისა და  $\text{Ca}^{2+}$ -ის ფორმაში მყოფი კათიონიტით დამუშავების შემდეგ განსაზღვრული კალიუმის რაოდენობა კარგად ემთხვევა ერთმანეთს, რაც უფლებას გვაძლევს კალიუმის განსაზღვრის დროს გამოვიყენოთ საანალიზო ღვინის ნიმუშის კათიონიტით დამუშავება, როგორც უფრო სწრაფი და ადვილად შესრულებული მეთოდი.

აღწერილი მეთოდით, ჩვენს მიერ, სხვადასხვა ტიპის ღვინოებში განსაზღვრული იქნა კალიუმის რაოდენობა, რაც მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

№№ რიგზე	ნიმუშის დასახელება	მოსავლის წელი	K მგ/ლ	სიმაგზე მოც. %-ით	ტიტრული მცდელობა, %	pH
1	ტვიში № 19	1960	580	9,9	7,20	2,95
2	ჩხავერი № 11	1960	630	10,8	7,35	2,95
3	ტიბაანი № 12	1959	1060	10,3	4,65	3,50
4	კახური № 8	1960	1020	10,8	4,80	3,65
5	ნათარეული № 27	1957	580	11,4	5,77	3,05
6	წინანდალი № 1	1957	690	11,5	5,87	3,00

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, კალიუმის რაოდენობა უფრო მეტია ახალგაზრდა ღვინოებში, ვიდრე დაძველებულ ღვინოებში, რაც შეესაბამება თეორიულ მონაცემებს. ეს მოვლენა გამოწვეულია იმით, რომ დაძველების პროცესში ხდება ღვინიდან ღვინომჟავა კალიუმის მარილების გამოლექვა, რაც ამცირებს კალიუმის რაოდენობას.

რაც შეეხება ნახევრად ტკბილ ღვინოებს (ტვიში № 19 და ჩხავერი № 11) ამ ნიმუშებში კალიუმის მცირე რაოდენობით არსებობა გამოწვეულია იმით, რომ ნახევრად ტკბილი ღვინოების შენახვა ხდება მაცივარში, დაბალ ტემპერატურაზე, რაც იწვევს ღვინომჟავა კალიუმის მარილების გამოლექვასა და ამცირებს კალიუმის რაოდენობას ღვინოში.

აღწერილი მეთოდით კალიუმის განსაზღვრას ვაწარმოებდით მხოლოდ თეთრ ღვინოებში.

დვინოში კალიუმის განსაზღვრის ზემოთ აღწერილი მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კვლევითი მუშაობის დროს და მეღვინეობის საწარმოო ლაბორატორიებში.

საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია

მებაღეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 8.2.1961)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Короткевич, Л. Рыкова. Руководство по химии вина. 1961.
2. ა. ლაშხი. ყურძნის პროდუქტთა ანალიზი. თბილისი, 1955.
3. А. М. Горбузов, В. П. Мишин, В. К. Тиле. Качественный химический микроанализ. Москва, 1960.
4. В. Н. Алексеев. Качественный анализ. Москва, 1959.
5. დ. გ რ ი ს თ ა ვ ი. მინერალური წყალი და მისი ქიმიური ანალიზი. თბილისი, 1954.
6. А. К. Бабко, А. Т. Полипенко. Колориметрический анализ. Москва, 1951.
7. Б. В. Михальчук и Р. Е. Оширович. Фотоколориметрическое определение нитритного азота в продукционной серной кислоте. Заводская лаборатория, № 8, 1940.
8. С. Л. Балаховский, И. С. Балаховский. Методы химического анализа крови. Москва, 1953.
9. В. С. Асатиани. Биохимическая фотометрия. Москва, 1957.
10. С. И. Вишняков. Модифицированная методика колориметрического определения калия в сыворотке крови, других тканях и органических веществах. „Лабораторное дело“, № 2, 1960.
11. ბ. გ ე რ ა ს ი მ თ ვ ი და ლ. ნ ა ხ ა ბ ე ტ ი ა ნ ი. მეცნარეულ მასალებში კალიუმის განსაზღვრის ფეროციანიდული მეთოდი. შრომის წითელი დროშის ორდენისანი საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის შრომები, ტ. XXXVII, 1952.

კიბიური ტექნოლოგია

ბ. კოლენიკოვი, ბ. ბურბანიძე

W-ოქსიენანთის მშავის პოლიეთერის მეთაქრილატის  
თანაპოლიმერიზაცია აკრილონიტრილთან, სტიროლთან  
და ვინილაცეტატთან

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 12.4.1961)

ერთ-ერთი ჩვენგანისა და ძენ ხან-მინის [1] მიერ ნაჩვენები იყო, რომ W-ოქსიენანთის მჟავის პოლიეთერის მეთაქრილატის თანაპოლიმერიზაციით სტიროლთან და მეთილმეთაქრილატთან შეიძლება მივიღოთ მოწესრიგებული სტრუქტურის დამყნილი თანაპოლიმერები.

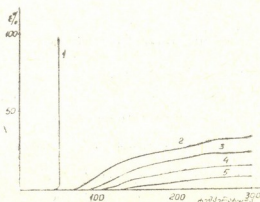
კვლევის ობიექტად ჩვენ ავირჩიეთ შემდეგი სისტემები: „W-ოქსიენანთის მჟავის პოლიეთერის მეთაქრილატი (ომპმ)—აკრილონიტრილი“, „ომპმ—სტიროლი“ და „ომპმ—ვინილაცეტატი“. ომპმ მივიღეთ შემდეგნაირად: W-ოქსიენანთის მჟავის პოლიეთერის (პოლიოქსიენანთი) სინთეზი მოვახდინეთ W-ოქსიენანთის მჟავის პოლიკონდენსაციით, ჯერ უანგბადისაგან განთავისუფლებულ მშრალი აზოტის არეში, შემდეგ კი ვაკუუმში 3—წ მმ ნარჩენი წნევის ქვეშ. პოლიოქსიენანთის მახასიათებელი სიბლანტე იყო 0,22 დლ/გ (ბენზოლი, 20°). კიდური კარბოქსილის ჯგუფების გატიტვრით განსაზღვრული მოლეკულური წონა 7400 უდრიდა.

პოლიოქსიენანთის თერმომექანიკური თვისებები მოყვანილია ნახ. 1-ზე, პოლიოქსიენანთის რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მიხედვით ახასიათებს მაღალმოწესრიგებული სტრუქტურა. პოლარიზაციულ მიკროსკოპში გადაჯვარედინებულ ნიკოლის პრიზმებს შორის მთავსებული პოლიენანთის აკის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ იგი შეიცავს სფეროლიტებს (ნახ. 2). ტოლუოლში გახსნილ მიღებულ პოლიოქსიენანთის ხსნარს დავემატებთ მეთაქრილის მჟავას ქლორანჰიდრიდი 10—15-ზე და ამ ტემპერატურაზე რეაქციული ნარევი გავაჩერეთ 5-6 საათის განმავლობაში.

რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტი დავლექეთ და გავრეცხეთ 5 ჰექსანით და გავაშრეთ ოთახის ტემპერატურაზე მუდმივ წონამდე. ომპმ-ის გამოსავალი უდრიდა საწყისი პოლიოქსიენანთის წონის 90%-ს. კიდური კარბოქსილის ჯგუფების გატიტვრითა და უჯერობის განსაზღვრით გამოანგარიშებული პოლიოქსიენანთის მოლეკულური წონა უდრიდა 6000. მახასიათებელი სიბლანტე უდრიდა 0,22-ს (ბენზოლი 20°).

ბლოკში ომპმ-ისა და აკრილონიტრილის პოლიმერიზაციით მივიღეთ სხვადასხვა შემადგენლობის თანაპოლიმერები. თანაპოლიმერიზაციას ვაწარმოებდით 0,2 მოლარული % (აკრილონიტრილიდან) აზოზოერობოს მჟავას დინიტრი-

ლის თანდასწრებით 70°-ზე 15 საათის განმავლობაში მირჩილულ ვაკუუმირებულ ამპულაში. მიღებული თანაპოლიმერები გავხსენით დიმეთილფორამილში (დმფა), დავლექეთ მეთილის სპირტით და გავაშრეთ ვაკუუმექსიკატორში მუღ-



ნახ. 1. თერმომექანიკური თვისებები:

- 1—პოლიოქსიენანთი; 2—დამყნილი თანაპოლიმერი,  $Q = 480$ ;  
3—იგივე,  $Q = 690$ ; 4—იგივე,  $Q = 790$ ; 5—პოლიაკრილონიტრილი

მიე წონამდე. თანაპოლიმერები რეაქციაში შეუსვლელ ომპმ-ისაგან გავანთავი-სუფლეთ მდულარე ბენზოლში ექსტრაქციით (რვაჯერ 50-70 მლ ბენზოლით 1 გრ



ნახ. 2. პოლიოქსიენანთის სფეროლიტები

ომპმ-ზე) მიღებული თანაპოლიმერები არიან კარბოქეტეროჯაჭვური ამორფულ-კრისტალური დამყნილი თანაპოლიმერები (ერთ-ერთი ჩვენგანისა და ძენ ხან-

ზინის [2] მიერ შემოღებული კლასიფიკაციის მიხედვით); დამყნილი თანაპოლიმერების გვერდითი ჯაჭვები შედგებიან პოლიოქსიენანთისაგან.

თანაპოლიმერების შემადგენლობა გამოვთვალეთ აზოტის შემცველობიდან. განვსაზღვრეთ თანაპოლიმერების თერმომექანიკური თვისებები, მახასიათებელი სიბლანტე (დმფა, 20°) და გამოვიანგარიშეთ ჰაგენსის მუდმივა. 1 ცხრილში და ნახ. 1-ზე მოყვანილია მიღებული შედეგები. ყოველი გამოანგარიშების დროს ვღებულობდით, რომ ომპმ-ის მოლეკულური წონა 6000 უდრის. საშუალო სტატისტიკური მანძილი გვერდით ჯაჭვებს შორის (Q), გამოსახული აკრილონიტრილის ელემენტარული რგოლების რიცხვით, გამოანგარიშებულ იქნა შემდეგი ფორმულით:

$$Q = \frac{1}{\left(\frac{n}{m}\right)} \cdot \bar{p}$$

სადაც  $\frac{n}{m}$  პოლიეთერისა და აკრილონიტრილის ელემენტარული რგოლების შეფარდებაა დამყნილი პოლიმერში,  $\bar{p}$  — ომპმ-ის პოლიმერიზაციის კოეფიციენტი.

ცხრილი 1

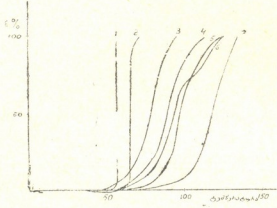
ომპმ-ის და აკრილონიტრილის თანაპოლიმერიზაცია

აღებულია აკრილონიტრილი მონუმერი ერთ მოლ. ომპმ-ზე (მოლ. წონა)	დამყნილი თანაპოლიმერიზაციის სიგელი, % საშუასი ნივთიერების საერთო წონიდან	აზოტის შემცველობა თანაპოლიმერში, % (საშუალო)	$[\eta]$ დლ/გზ	ჰაგენსის მუდმივა	$\frac{n}{m}$	Q
1000	82	24,56	1,66	0,36	0,031	1510
800	78	23,43	1,60	0,39	0,053	880
400	78	22,65	1,85	0,49	0,068	690
200	77					
მათგან კარგად მხსნადი დმფა-ში	54	23,10	1,56	0,41	0,059	790
კუდად მხსნადი დმფა-ში	23	21,41	1,10	0,92	0,097	480

1 ცხრილიდან ჩანს, რომ Q-ს შემცირებით დამყნილი თანაპოლიმერების მაკრომოლეკულების სიმეტრია ხსნარში იზრდება, რაზედაც ჰაგენსის მუდმივას ზრდა მეტყველებს. ჩვენი აზრით, მაკრომოლეკულების სიმეტრიის ზრდა გვერდითი პოლიეთერის ჯაჭვების ურთიერთმოქმედებით აიხსნება, რაც მაკრომოლეკულების ხვრისებურ ფორმაში გადასვლას იწვევს. თუ გამოთქმული აზრა სწორია, მაშინ თანაპოლიმერებში გვერდითი ჯაჭვების მოშორებამ სიმეტრიისა და ჰაგენსის მუდმივას შემცირება უნდა გამოიწვიოს. გამოთქმული აზრის სის-

წორის შესამოწმებლად ჩვენ ვაწარმოეთ დამყნილი თანაპოლიმერების მეთანოლიზი, განვსაზღვრეთ მახასიათებელი სიბლანტე და გამოვთვალეთ ჰაგენსის მუდმივა მეთანოლიზის პროდუქტებისათვის. აღმოჩნდა, რომ მეთანოლიზის შედეგად ჰაგენსის მუდმივა მცირდება, ხოლო მახასიათებელი სიბლანტე იზრდება, ე. ი. ჰაგენსის მუდმივას შემცირება არაა გამოწვეული მეთანოლიზის დროს დამყნილი თანაპოლიმერების მთავარი ჯაჭვის დესტრუქციით.

დამყნილი თანაპოლიმერების რენტგენოსტრუქტურულმა ანალიზმა გვაჩვენა, რომ Q-ს გაზრდით თანაპოლიმერების სტრუქტურის მოწესრიგებულობა მცირდება, რაც დამყნილი თანაპოლიმერების საერთო მოცულობაში მოწესრიგებულ უბნების წილის შემცირებით აიხსნება. მოწესრიგებული უბნები შეჯვარებულ თანაპოლიმერებში გვერდითი პოლიეთერის ჯაჭვების კონდენსირებულ ფაზაში ურთიერთმოქმედების შედეგად არიან წარმოშობილი.



ნახ. 3. თერმოქეანიჭური თვისებები: 1—პოლიოქსაენ ანთა; 2—დამყნილი თანაპოლიმერი, Q=275; 3—იგივე, Q=3420. 4—პოლისტიროლი; 5—დამყნილი თანაპოლიმერი, Q=485; 6—დამყნილი თანაპოლიმერი, Q=485 და Q=2660 მეთანოლიზის პროდუქტები; 7—დამყნილი თანაპოლიმერი, Q=2660

შახ. 1-ზე მოყვანილია ზოგიერთი სინთეზირებული დამყნილი თანაპოლიმერის, პოლიაკრლონიტრილისა და პოლიოქსიენანთის თერმოქეანიჭური თვისებები, მიღებული ცეტლინისა და თანამშრომლების ხელსაწყოზე (3) 4 მმ დიამეტრის პუანსონის 100 გრამით დატვირთვით. ნახატიდან ჩანს, რომ გვერდითი პოლიოქსიენანთის ჯაჭვების დამყნა პოლიაკრლონიტრილთან იწვევს გარბილების ტემპერატურის შემცირებას. ეს შემცირება მით უფრო მეტია, რაც უფრო ნაკლებია Q.

ომპმ-ის თანაპოლიმერიზაციას სტიროლთან ვაწარმოებდით 1.7%-იანი (სტროლის წონიდან) ბენზოლის ზეყანგის თანდასწრებით 70°-ზე 15 საათის განმავლობაში მირჩილულ ვაკუუმირებულ ამბულგებში. სტიროლისა და ომპმ-ის შეფარდება იყო—წონითი 83, 86:16, 16 ან მოლარული 300:1 (მპოე-ს მოლ. წონა 6000).

თანაპოლიმერიზაციის პროდუქტი გავხსენით ბენზოლში, დავლექეთ მეთანოლით და გავაშრეთ ვაკუუმ-ექსიკატორში მუდმივ წონამდე; გამოსავალი

უდრიდა 86%-ს საწყისი ნივთიერებების საერთო წონიდან. თანაპოლიმერიზაციის პროდუქტის ფრაქციონირებით გამოყოფილ იქნა დამყნობი პოლიმერები შეგვარების სხვადასხვა ხარისხით. ფრაქციების დალექვა წარმოებდა 20°-ზე თანაპოლიმერის 1%-იანი ბენზოლის ხსნარიდან მეთანოლით. მეშვიდე ფრაქციის გარდა (იხ. მე-2 ცხრილი), ყველა ფრაქციის გარეცხვა წარმოებდა აცეტონით; მეშვიდე ფრაქცია თითქმის მთლიანად იხსნება აცეტონში.

ცხრილი 2

სტიროლისა და ომმ-ის თანაპოლიმერიზაციის პროდუქტების ფრაქციონირება

ფრაქციის №№	ფრაქციის გამოსავალი (%) ან ფრაქციონირებულ თანაპოლიმერის საერთო წონიდან	ელემენტარული შემადგენლობა (საშუალო), %		[η] დლ/გ	ჰაგენსის მუდმივა	n <sub>m</sub> m	Q
		C	H				
1	12,2	92,20	7,95	0,54	0,18	—	—
2	17,2	91,82	7,55	0,48	0,29	0,0137	3420
3	16,5	91,70	4,88	0,46	0,29	0,0176	2660
4	18,5	90,03	7,63	0,44	0,31	0,0741	630
5	12,8	89,40	7,75	0,34	0,44	0,0997	485
6	12,8	87,64	7,85	0,31	0,81	0,1702	275
7	5,1	67,02	9,92	0,23	1,88	15,72	3
დანაკარგი	4,9						

დამყნობი თანაპოლიმერების შემადგენლობა გამოვთვალეთ ნახშირბადის შემცველობიდან. განსაზღვრულ იქნა აგრეთვე დამყნობი თანაპოლიმერების თერმომექანიკური თვისებები, მათი მახასიათებელი სიბლანტე (ბენზოლი, 20°) და ჰაგენსის მუდმივა. მიღებული შედეგები მოყვანილია მე-2 ცხრილში და ნახ. 3-ზე. საშუალო სტატისტიკური მანძილი, გამოსახული სტიროლის ელემენტარული რგოლების რიცხვით, გამოვიანგარიშეთ ზემოთ მოყვანილ ფორმულას საშუალებით. დამყნის სიხშირის გაზრდასთან დაკავშირებით ჰაგენსის მუდმივას ზრდა და ამავე დროს მახასიათებელი სიბლანტის შემცირება მეტყველებს ხსნარში მაკრომოლეკულების სიმეტრიის ზრდაზე. რენტგენოსტრუქტურულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ Q შემცირება იწვევს დამყნობი თანაპოლიმერების მოწყვლადობის გაზრდას. მეთანოლიზმა და მეთანოლიზის პროდუქტების შესწავლამ ისეთივე შედეგები მოგვცა, როგორც აკრილონიტრილისა და ომმ-ის, თანაპოლიმერიზაციის პროდუქტების მეთანოლიზის დროს.

ნახ. 3-დან ჩანს, რომ მიღებულ დამყნობი თანაპოლიმერებიდან ყველაზე მაღალი ვარბილების ტემპერატურით ხასიათდება თანაპოლიმერი, რომლის Q=2660. დამყნობი პოლიმერები, რომელთა Q ნაკლებია ან მეტი, ხასიათდება იან უფრო დაბალი ვარბილების ტემპერატურით. ჩვენი აზრით, დამყნობი პოლიმერების თერმული თვისებების გაუმჯობესება გამოწვეულია გვერდითი პოლიეთერის ჩაჭვების ურთიერთმოქმედებით კონდენსირებულ ფაზაში. თუ გვერდითი ჩაჭვები ცოტაა, მათ შორის ურთიერთმოქმედებას ადგილი არ აქვს, ან

ძლიერ სუსტია და გვერდითი ჯაჭვები მხოლოდ პლასტიფიცირებულ მოქმედებას იწვევენ, რაც გარბილების ტემპერატურის შემცირების მიზეზია.

თუ გვერდითი პოლიეთერის ჯაჭვები, რომელსაც მოწესრიგებული სტრუქტურების წარმოქმნა შეუძლიათ, ოპტიმალურზე მეტია, მაშინ თავს იჩენს პოლიეთერის მოწესრიგებული უბნების თერმომექანიკური თვისებების გავლენა დამყნობი პოლიმერების თერმომექანიკურ თვისებებზე და პოლიეთერის გარბილების ტემპერატურა განაპირობებს თანაპოლიმერების გარბილების ტემპერატურას. ალბათ, დამყნობი პოლიმერების თერმიული თვისებების გაუმჯობესებისათვის, რაც გვერდით ჯაჭვების, რომელთაც მოწესრიგებული უბნების წარმოქმნა შეუძლიათ, ურთიერთმოქმედებასთანაა დაკავშირებული, საჭიროა, რომ მოწესრიგებული უბნების მოცულობა თავსდებოდეს განსაზღვრულ ზღვრებში.

ჩვენ ვაჩვენებთ, რომ ინიციატორის (ბენზოლის ზეჟანგი) კონცენტრაციის შეცვლა, ყველა სხვა პირობის უცვლელად, არ მოქმედებს მიღებული დამყნობი პოლიმერების შემადგენლობაზე. ბენზოლის ზეჟანგის გაზრდამ გამოიწვია დამყნობი პოლიმერების მახასიათებელი სიბლანტის შემცირება და ჰაგენის მუდმივას გაზრდა, რაც რადიკალური პოლიმერიზაციისთვისაა დამახასიათებელი. მეთანოლის პროდუქტების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ამ შემთხვევაშიც ადგილი აქვს დამყნობი თანაპოლიმერების მაკრომოლეკულების ხეიასებურ ფორმაში გადასვლას ხსნარში.

ჩვენ ჩავატარებთ ვინილაკეტატისა და ომპმ-ის თანაპოლიმერიზაცია 0,2 მოლარული % (ვინილაკეტატიდან) აზოზოგერბოს მქავეს დინიტრილის თანდასწრებით 70°-ზე 30 საათის განმავლობაში მირჩილულ ვაკუუმირებულ ამპულაში. მიღებული თანაპოლიმერები დავლექებთ 2%-იანი აცეტონის ხსნარიდან ნ-ჰექსანით, გავრცებთ ნ-ჰექსანით და ბენზოლით და გავაშრებთ ვაკუუმექსიკატორში მუდმივ წონამდე. თანაპოლიმერების შემადგენლობა გამოვიანგარიშებთ ნახშირბადის შემცველობიდან. მიღებული შედეგები მოყვანილია მე-3 ცხრილში. იმავე პირობებში მიღებული პოლივინილაკეტატის მახასიათებელი სიბლანტე იყო 3,63; ჰაგენის მუდმივა უდრიდა 0,22. ომპმ-ის მოლეკულური წონა ყველა გაანგარიშების დროს მიღებული იყო 6000.

ცხრილი 3

ვინილაკეტატის და ომპმ-ის თანაპოლიმერიზაცია

ვინილაკეტატისა და ომპმ-ის მთლიანი მწვადეობა	დამყნობი პოლიმერის რაოდენობა, %	ელემენტარული შემადგენლობა (სამუშაო), %		[η] (ბენზოლი, 25°) დლ/გ	ჰაგენის მუდმივა	n <sub>m</sub>	Q
		C	H				
2000:1	88	55,09	7,19	3,63	0,47	0,0205	2280
400:1	77	57,60	7,57	2,40	0,39	0,151	310
200:1	72	58,35	7,99	0,54	0,48	0,236	200



მე-3 ცხრილიდან ჩანს, რომ საწყის ნარევეში ომპმ-ის, შემცველობის გაზრდა იწვევს დამყნის სისშირის გაზრდას და მხასიათებელი სიბლანტის შემცირებას, როგორც ომპმ-ის თანაპოლიმერიზაციის დროს სტიროლთან და აკრილონიტრილთან. დამყნილი პოლიმერების პაგენსის მუდმივა უფრო მაღალია, ვიდრე იმავე პირობებში მიღებული პოლივინილაცეტატისა. დამყნილი პოლიმერების თერმომექანიკური თვისებების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ დამყნის სისშირის გაზრდა იწვევს თერმომექანიკური მრუდეების გადაწევას დაბალი ტემპერატურისაკენ.

ამგვარად, ომპმ-ის ვინილაცეტატთან საწყისი ნივთიერებების მიღებული შეფარდებებით თანაპოლიმერიზაციის შედეგად მიღებული თანაპოლიმერებში გვერდითი პოლიეთერის ჯაჭვები ახდენენ მხოლოდ პლასტიფიცირებულ მოქმედებას.

რენტგენოსტრუქტურულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ Q შემცირების შესაბამისად იზრდება დამყნილი თანაპოლიმერების მოწესრიგებულობა. ომპმ-ის სტიროლთან და ვინილაცეტატთან თანაპოლიმერიზაციის შედეგად მიღებული დამყნილი თანაპოლიმერების აპკების პოლარიზაციულ მიკროსკოპში შესწავლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ აპკები  $Q=276$  (თანაპოლიმერი სტიროლთან) და  $Q=200$  (თანაპოლიმერი ვინილაცეტატთან) შეიცავენ სფეროლიტებს.

## დასკვნა

W-ოქსიენანთის მჟავის პოლიეთერის მეტაკრილატის თანაპოლიმერიზაციით აკრილონიტრილთან სტიროლთან და ვინილაცეტატთან მიღებულ იქნა დამყნალი თანაპოლიმერები სხვადასხვა სისშირის გვერდითი ჯაჭვებით და შესწავლილ იქნა მათი თვისებები ხსნარში და კონდენსირებულ მდგომარეობაში.

სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემია  
ელემენტოარჯანიული ნაერთების  
ინსტიტუტი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
გამოკენებითი ქიმიისა და ელექტრო-  
ქიმიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 12.4.1961)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. С. Колесников, Цзен Хань-Мин. Карбоцепные полимеры и сополимеры ХХХIII. Сополимеризация метилметакрилата с полиоксипеларгоном, содержащим концевую метакрильную группу. Высокомолек, соед., 6, 1961, 919.
2. Г. С. Колесников, Цзен Хань-Мин. О классификации привитых сополимеров. Высокомолек. Соед., 3, 1961, 475.
3. Б. Л. Цетлин, В. И. Гаврилов, Н. А. Великовская и В. В. Кочкин. Прибор для исследования термомеханических характеристик полимеров Заводек. лаб. 22, 1956, 352.

გეოგრაფია

0. აზხაზაძე

მდინარე არაგვის აუზის ლანდშაფტური დარაიონებისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ჯავახიშვილმა 10.1.1960)

მდინარე არაგვის აუზს უჭირავს კავკასიონის სამხრეთი ფერდობი ლომის-ალევისა და ქართლის ქედებს შორის, აგრეთვე შიდა ქართლის ვაკის აღმოსავლეთი ნაწილი სოფ. მუხრანის აღმოსავლეთით. აუზის ფართობი შეადგენს 2724 კმ<sup>2</sup>.

ლანდშაფტური თვალსაზრისით მდ. არაგვის აუზი საკმაოდ რთულსა და მრავალფეროვან რაიონს წარმოადგენს. აუზის დიდი პიფსომეტრიული განვითარება (3500 მ-მდე) აპირობებს ჰავის, ნიადაგ-მცენარეული საფარის, ჩამონადენისა და მთლიანად ლანდშაფტის ვერტიკალურ ზონალობას.

სტატიაში გამოყენებულია გამოკვლევები ლანდშაფტის კომპონენტებისა [1—16] და ლანდშაფტური დარაიონების შესახებ [17—20], აგრეთვე მდ. არაგვის აუზში ავტორის მიერ წლების განმავლობაში ჩატარებული საექსპედიციო კვლევის შედეგები.

უნდა აღინიშნოს, რომ მთიანი ქვეყნების ლანდშაფტური დარაიონების ბევრი საკითხი ჯერ კიდევ სადავოა. არასაკმარისადაა დამუშავებული, მაგალითად, მთიანი ქვეყნების ლანდშაფტის სტრუქტურა, ლანდშაფტური ტაქსონომიური ერთეულების სტრუქტურა და სხვ. აუზის ლანდშაფტური დარაიონებისას ავტორი ეყრდნობოდა ბუნებაში ფიზიკურ-გეოგრაფიული ერთეულების რეგიონული და ტიპოლოგიური კატეგორიების არსებობას. არაგვის აუზში ჩვენ გამოვყოფთ ვერტიკალურ ლანდშაფტურ ზონებს, რომელთა გამოყოფისას განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ვანიჭებთ ჰავასა და ნიადაგ-მცენარეულ საფარს, ასევე რელიეფსა და ჩამონადენს.

ლანდშაფტური რაიონების გამოყოფისას განსაკუთრებულ ყურადღებას ვაქცევთ აუზის ცალკეულ ნაწილში ლანდშაფტის ვერტიკალური ზონალობის სტრუქტურის ხასიათს. გეომორფოლოგიური, მიკროკლიმატური და ნიადაგ-მცენარეული რაიონში შიდა თავისებურებების მიხედვით ლანდშაფტურ რაიონებში გამოვყოფთ ქვერაიონებს.

მდინარე არაგვის აუზში გამოვყოფთ შემდეგ ვერტიკალურ ლანდშაფტურ ზონებს:

ვაკის ტყეთა ზონა სუსტად დანაწევრებული ვაკე რელიეფით, ზომიერად მშრალი და თბილი ჰავით, ალუვიური ნიადაგების კომპლექსით, ძლი-

ერ დაბალი ჩამონადენით. ზონას უჭირავს აუზის ვაკე ნაწილი და ვრცელდება ზ. დ. 450 მ-დან 550—600 მ-მდე. სუსტად დანაწევრებული ვაკე რელიეფი გაპირობებულია მისი გეოლოგიური აგებულებით და ნალექების მცირე რაოდენობით (500—600 მმ წელიწადში), რომელთა მნიშვნელოვანი ნაწილი ან ითონება ძველ ალუვიურ ქანებში, რომლებიც ვაკეს აგებენ, ან ცხელი ზაფხულის პირობებში ორთქლდება, რის გამოც ზედაპირული ჩამონადენი ძალზე დაბალია (3—5 ლ/წ. კმ<sup>2</sup>).

მდ არაბჰის აუზის ლანდშაფტური  
დაკარინების სქემა  
ზედაფხია ი. ს. თბილისი



ზონის ნიადაგსაფარი წარმოლგენილია ძველალუვიური ნიადაგების სხვადასხვა ვარიანტით, რომლებიც ვაკის პერიფერიებზე გარდამავალ მდელის ყავისფერ ან ტყის ყავისფერ ნიადაგებში გადადიან.

ზონის პირველადი მცენარეულობა, — ვაკის ტყეები, შექმნილი იყო ქალის მუხისაგან, რომელშიც რცხილა და თელა ერეოდა, მაგრამ პირველადი ტყეები დიდი ხანია განადგურებულია ადამიანის მიერ, რადგან ზონა მჭიდრო დასახლების ადგილს წარმოადგენს; ტყის ადგილი დაიჭირა ჯაგეკლიანი ველის დაჯგუფებამ; მაგრამ ეს მეორადი მცენარეულობაც შერჩენილია მხოლოდ მცირე ფართობზე.

მთა-ტყეთა ზონა მრავალფეროვანი რელიეფით, ზომიერად ნოტიო და ზომიერად ცივი ჰავით, მუხნარ-რცხილნარი და წიფლნარი ტყეებით, ტყის ყავისფერი, ნეშომპალა კარბონატული, ტყის მურა და გაეწრებული ტყის მურა ნიადაგებით, საშუალოზე დაბალი ჩამონადენით. ზონა ვრცელდება ზ. დ. 550—600 მ-დან 1800—1900 მ-მდე. იგი აგებულია დანალექი ქანებისაგან ქვედა იუ-რის თიხაფიქლებითა და ქვიშაქვებით დაწყებული მიოპლიოცენური კონგლომერატებით გათავებული. ზონაში გაბატონებულია მთახეობათა რელიეფის ტიპი, რომელიც სამხრეთ ნაწილში გორაკ-ბორცვიან მთისწინებში და ვაკე რელიეფში გადადის.

ზონის ქვედა ნაწილში ჰავა ზომიერად ნოტიო და ზომიერად თბილია, ხანგრძლივი ზაფხულითა და არაცივი ზამთრით; ნალექების რაოდენობა მერყეობს 600—900 მმ-მდე. ზონის ზედა ნაწილში ჰავა ზომიერად ნოტიო და ზომიერად ცივია, ხანგრძლივი გრილი ზაფხულით და არც ძალიან ცივი ზამთრით; ნალექების რაოდენობა 900—1200 მმ-ია წელიწადში. ტენის ბალანსი ზონაში მერყეობს ზომიერად დადებითიდან მაღალამდე.

სიმაღლის მიხედვით, ჰავის პირობების ცვლილებების შესაბამისად, იცვლება ტყეების შედგენილობა; ტყის ქვედა ზოლი ძირითადად წარმოქმნილია ქართული მუხისა და რცხილისაგან, რომლებიც ზედა ზოლში იცვლებიან წიფლით, ნეკერჩხლითა და სხვა უფრო ტენისმოყვარული მცენარეებით. სამხრეთო ექსპოზიციის მაღალი ფერდობები მაღალმთის მუხას უჭირავს. წიწვიანები — აღმოსავლური ნაძვი და კავკასიური ფიჭვი, ზონაში მცირე გავრცელებით ხასიათდება. ბუნებრივი სახით ისინი გვხვდება ან ცალკეული ეგზემპლარების, ან პატარა ჯგუფების სახით (10—30 ეგზ.). ფშავის არაგვის აუზი წარმოადგენს ნაძვის გავრცელების აღმოსავლეთ საზღვარს კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე.

ამგებელი ქანების ლითოლოგიასა და სხვა ნიადაგწარმოქმნელ ფაქტორებთან დაკავშირებით ზონაში გვხვდება ტყის ყავისფერი, ნეშომპალა-კარბონატული, ტყის მურა და გაეწრებული ტყის მურა ნიადაგები.

საკმაოდ მრავალფეროვანი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების გამო ჩამონადენი ზონაში დიდ ფარგლებში მერყეობს (10—20 ლ/წ. კმ<sup>2</sup>).

სუბალპური ზონა ინტენსიურად დანაწევრებული მთა-ხეობათა რელიეფით, ზომიერად ნოტიო ცივი ჰავით, სუბალპური მდელოებით, ტანბრეცილა ტყეებითა და მეჩხერებით, ტყის და მთა-მდელოთა ნიადაგებით, საშუალო ჩამონადენებით. ზონა ვრცელდება 1800—1900 მ-დან 2400—2500 მ-მდე. იგი ხასიათდება ინტენსიურად დანაწევრებული მთა-ხეობათა ეროზიული რელიეფით.

ზონის ჰავა ცივი და ზომიერად ნოტიოა, ხანგრძლივი ცივი ზამთრითა და მოკლე გრილი ზაფხულით; ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 1200—1500 მმ-ს აღწევს, ტენის ბალანსა ზომიერად დადებითი და მაღალია. ნალექების დიდი რაოდენობა, ჰაერის დაბალი ტემპერატურა თითქმის მთელი წლის განმავლობაში და ფერდობთა დიდი დაქანება ხელს უწყობს ჩამონადენის საგრძნობლად გაზრდას, რის გამოც იგი აღწევს 25 ლ/წ. კმ<sup>2</sup>.

ზონაში მცენარეულობის ძირითად დაჯგუფებად გვევლინება სუბალპური ტანბრეცილა ტყეები, სუბალპური მეჩხერები და სხვ. ტიპობრივია სუბალპური მდელოები და მადალბალახეული; ჩრდილოეთური ექსპოზიციის ფერდობებზე გვხვდება „დეკანები“ კავკასიური დეკასაგან, რომელთა შამბნარში ჭნავი იზრდება.

ალპური მდელოების ზონა ინტენსიურად დანაწევრებული რელიეფით, ყანვარული და ეროზიული ფორმებით, მაღალმთის ცივი ჰავით, ნამდვილი ზაფხულის გარეშე, ალპური მდელოებითა და ბუჩქნარებით, ალპურ მთა-მდელოთა ნიადაგებით, საშუალოზე მაღალი ჩამონადენით. ზონა ვრცელდება 2400—2500 მ-დან 3000—3100 მ-მდე. იგი ხასიათდება ყინვარული და ეროზიული ძლიერ დანაწევრებული რელიეფით. ყინვარული ფორმები წარმოდგენილია კარებით, ცირკებით, ტროგული ხეობებით. მორენული სერები-ო და სხვა მეზო- და მიკროფორმებით. ზონის ქვედა ნაწილში ეს ფორმები მეტადაა გარდაქმნილი. ზონის ზედა ნაწილში ხშირად გვხვდება კლდეები, ქვაყრილები და სხვ.

მაღალი ჰიფსომეტრიული მდებარეობა განსაზღვრავს ჰავის თავისებურებებს, დამახასიათებელია მაღალმთის ცივი, ზომიერად ნოტიო, ნაწილობრივ ჭარბად ნოტიო ჰავა; ზამთარი აქ მეტად ხანგრძლივი (7—8 თვე) და უხვთოვლიანია. ძალიან ხანმოკლე თბილი პერიოდი არ შეიძლება ჩაითვალოს ნამდვილ ზაფხულად, რადგან უთბილესი თვის საშუალო ტემპერატურა ჰაერისა 10°-ს არ აღემატება. ნალექების რაოდენობა, ალბათ, 1500 მმ მეტია. ცივი ჰავა და ზედაპირის- დიდი დაქანება, ნალექების დიდ რაოდენობასთან ერთად განსაზღვრავს საკმაოდ მაღალ ჩამონადენს ზონაში, რაც საშუალოდ 35 ლ/წ. კმ<sup>2</sup> აღწევს.

ზონაში ჭარბობს ბალახეული მცენარეულობის ტიპი — ალპური მდელოები, ხალები და დამკორდებელთა ედიფიკატორების დაჯგუფება; მათთან ერთად სუსტადაა განვითარებული მიწაზე გართხმული ბუჩქნარები კავკასიური როდოდენდრონისაგან, რომლის ცალკეული ეგზემპლარები 3000 მ-ზე და მის ზევითაც გვხვდება.

ცივი ჰავის პირობებში, ალპური მდელოებისა და ხალების ქვეშ ქანების გამოფიტვის უხეშ მასალაზე განვითარებულია სხვადასხვაგვარი სახეობა ალპურ მთამდელოთა კორდიანი და ტორფიანი ნიადაგებისა.

სუბნივალური ზონა ნივალური ზონის ფრაგმენტებით მკვეთრად დანაწევრებული კლდოვანი რელიეფით, უახლოესი გაყინვარების კვალით, მარადი თოვლისა და ყინვარების ჰავით, ნიადაგ-მცენარეული

საფარის ელემენტებითა და მაღალი ჩამონადენით. მას უჭირავს აუზის ნაწილი 3000—3100 მ ზევით.

ზონისათვის დამახასიათებელია რელიეფის გლაციალური ფორმების საკრძობი განვითარება, ფირნის ველებისა და თოვლნარების არსებობა, ასეთივე დიდი გავრცელება კლდეების, ქვყრილების და სხვ. ჰავა მეტად მკაცრია, 8—10 თვის განმავლობაში ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურა ნულის ქვევითაა. ნალექების წლიური რაოდენობა, რომელთა შესახებ სანდო მასალა არ მოგვეპოვება, უნდა მცირედბოდეს; მიუხედავად ამისა, ჩამონადენი საკრძობლად იზრდება და აღწევს 50—55 ლ/წ. კმ<sup>2</sup>. როგორც ჩანს, ნალექების შემცირება კომპენსირდება აორთქლებაზე დანაკარგის შემცირებით.

ზონაში შეკრული მცენარეული საფარი არ ვითარდება, არის მხოლოდ ფიტოცენოზების გაფანტული ფრაგმენტები, რომლებიც იმეორებენ ზედალპურ დაჯგუფებათა ხასიათს. ასევე არ იქმნება მთლიანი ნიადაგსაფარი.

ნივალური ზონის ფრაგმენტები აუზში წარმოდგენილია დიდ და პატარა ნეფისკალოზე და ქიუხის დიბაზურ მასივზე 3550—3600 მ ზევით.

ვერტიკალურ ლანდშაფტურ ზონებთან ერთად აუზში გამოიყოფთ ლანდშაფტურ რაიონებსა და ქვერაიონებს:

I. მუხრან-საგურამოს ვაკეთა რაიონს<sup>(1)</sup> უჭირავს მუხრანისა და საგურამოს ვაკეები და მათ შორის მდებარე არაგვის განიერი ჭალა. სუსტად დახრილი ვაკე რელიეფი, საკმაოდ მაღალი ტემპერატურა თითქმის მთელი წლის განმავლობაში და ნალექების შედარებით მცირე რაოდენობა (500—600 მმ წელიწადში) აპირობებს რაიონში ძალზე დაბალ ჩამონადენს (3—5 ლ/წ. კმ<sup>2</sup>). ადამიანის სამეურნეო საქმიანობამ მთლიანად შეცვალა რაიონის ბუნებრივე სახე. ვაკე, რომელიც წარსულში მუხნარ ტყეს ეკირა, დღეს თითქმის მთლიანად დაკავებულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებით.

გეომორფოლოგიური, მიკროკლიმატური და ნიადაგ-მცენარეული თავისებურებების მიხედვით რაიონში გამოიყოფა შემდეგი ქვერაიონები: Iა—სუსტად დახრილი დაუნაწევრებელი მუხრანის ვაკის ქვერაიონი, Iბ—საგურამოს ტერასირებული სუსტად დანაწევრებული ვაკის ქვერაიონი, Iგ—მდ. არაგვის განიერი ჭალის ქვერაიონი (იხ. რუკა).

II. ბაზალეთ-დუშეთის ბორცვიანი მთათაწინეთის რაიონი ხასიათდება შედარებით სუსტად დანაწევრებული გორაკ-ბორცვიანი რელიეფით. რომელიც განვითარებულია სხვადასხვაგვარად დისლოცირებულ მესამეულ, ცარტულ და იურულ ნალექებზე. დამახასიათებელია კარსტის ჩანასახი ფორმა (არანის-ჟინვანის რაიონში), ხოლო ქაისხევის რაიონში გავრცელებულია მეწყერები. ჰავა ზომიერად ნოტიო და ზომიერად თბილია; ნალექების წლიური რაოდენობა მერყეობს 600—700 მმ-მდე. ჩამონადენის მოდული საშუალოდ 10 ლ/წ. კმ<sup>2</sup> შეადგენს.

(<sup>1</sup> სტატიის შეხლდული მოცულობის გამო რაიონებისა და ქვერაიონების სახელწოდება მიცემულია შემოკლებით, ხოლო ქვერაიონები სრულიად არაა დახასიათებული.

ბუნებრივი მცენარეულობა წარმოდგენილი იყო მთის ტყეთა ქვედა სარტყლით — მუხნარ-რცხილნარი ტყეებით, მაგრამ საკმაოდ ხშირი დასახლების გამო პირველადი მცენარეულობა საგრძნობლად განადგურებულია. მისი ადგილი ძირითადად სასოფლო სამეურნეო სავარგულებს უჭირავს. რაიონის ნიადაგსაფარს ქმნიან ტყის ყავისფერი, ტყის ყომრალი და ნეშომჟავალ-კარბონატული ნიადაგები.

რაიონში გამოვყოფთ შემდეგ ქვერაიონებს: Iა—ქართლის ქედის დასავლეთი ფერდობი; IIბ—მდ. არაგვის განიერი ტერასირებული ხეობა სოფ. სოფ. არანისა და ბულაჩაურს შორის; IIგ—ბაზალეთ-დუშეთის ბორცვიან-ვაკიანი ქვერაიონი; IIდ—გრემისხევ-მჟადიჯვრის ქვერაიონი.

III. საგურამო-იალნოსა და საბადურის საშუალო სიმაღლის განედური ქედების რაიონს უჭირავს არაგვის აუზის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი. იგიაგებულია მიოპლიოცენის ნალექებით. საგურამო-იალნოსა და საბადურის ქედების ფერდობები დანაწევრებულია მდ. თეზამის პატარ-პატარა შემდინარეებით, რის გამო მთა-ხეობათა ეროზიული რელიეფია განვითარებული. ჰავა ზომიერად ნოტიო და ზომიერად თბილია. ჩამონადენის მოდული 10—15 ლ/წ კმ<sup>2</sup> არ აღემატება. კალთები ზედა ნაწილში დაფარულია წიფლნარი ტყით, ქვედა ნაწილში კი იგი მუხნარში ან მუხნარ-რცხილნარში გადადის. კოლხური ელემენტები ბაძვისა და სუროს სახით მიუთითებენ იმაზე, რომ აქ ჰავა შედარებით რბილია. ნიადაგები ძირითადად ტყის ყომრალია, რომელიც ქვევით ტყის ყავისფერი ნიადაგებით იცვლება.

IV. დამოუკიდებელი ქვერაიონის სახით გამოვყოფთ სხალტბის განედური ქედის ჩრდილო ფერდობს; სხალტბის მონოკლინური ქედი წარმოადგენს ოროგრაფიულ გაგრძელებას საგურამოს ქედისას, რომლისაგანაც მდ. არაგვის ანტეცედენტური ხეობითაა გამოყოფილი. ქედის მაქსიმალური სიმაღლე 1100 მ-მდეა, იგი დასავლეთისაკენ თანდათან დაბლდება 650—900 მ-მდე. მისი ჩრდილო ფერდობი სუსტადაა დანაწევრებული და თანდათან გადადის მუხრანის ვაკეში.

შედარებით მშრალმა და თბილმა ჰავამ განაპირობა მცენარეული საფარის ხასიათი. პირველადი მცენარეულობა, რომელიც ამჟამად თითქმის მთლიანადაა განადგურებული ადამიანის მიერ, რცხილნარი და მუხნარ-რცხილნარი ტყეებით იყო წარმოდგენილი. ნიადაგსაფარი ძირითადად კარვალა განვითარებული; გვხვდება ტყის ყავისფერი ნიადაგების ორი სახე: სუსტად განვითარებული, მცირე სისქის ლორღიანი ტყის ყავისფერი ნიადაგები და ტიპობრივი, საშუალო და დიდი სისქის ტყის ყავისფერი ნიადაგები. ალაგ-ალაგ ნიადაგები ძლიერაა ჩამორეცხილი და გაშიშვლებულია ამგებელი ქანები.

V. მდ. არაგვის შუა წელის საშუალო სიმაღლეს მერიდიანული ქედებისა და ღრმა ხეობების რაიონი. იგი ვრცელდება სოფ. ფასანაურის სამხრეთით სოფ. სოფ. ანანურსა და ქინკა-სამდე. რაიონი ხასიათდება ძლიერ დანაწევრებული მთა-ხეობათა რელიეფით. ქედების საგრძნობი პიფსომეტრიული განვითარების გამო აქ წარმოდგენილია

მთის ტყეთა და სუბალპური ზონების მათთვის დამახასიათებელი ჰაეითა და ნი-  
ადაგმცენარეული საფარით. ზედაპირის საგრძნობი დაქანება, ზომიერად ცივი  
და ზომიერად ნოტიო ჰავა ნალექების საგრძნობი რაოდენობით (800—1100 მმ  
წელიწადში) განაპირობებენ ჩამონადენის მოდულის ზრდას 18—20 ლ/წ კმ<sup>2</sup>-  
მდე.

VI. ფ შ ა ვ - ხ ე ვ ს უ რ ე თ ი ს მ ა ლ ა მ თ ი ა ნ ი რ ა ი ო ნ ი ხასიათდებ-  
ა მკვეთრად დანაწევრებული მთა-ხეობათა ეროზიული რელიეფით, რომელიც  
განვითარებულია ქვედა და შუა იურულ დისლოცირებულ თიხაფიქლებზე და  
ქვიშაქვებზე. ქედების დიდი ჰიფსომეტრიული განვითარება აპირობებს მთის  
ტყეთა, სუბალპური და ალპური ზონების არსებობას. ზედაპირის დიდი დაქა-  
ნება, ცივი ჰავა და ნალექების საკმაო რაოდენობა აპირობებს მაღალ ჩამონა-  
დენის მოდულს (25—35 ლ/წ კმ<sup>2</sup>).

რაიონში გამოვყოფთ შემდეგ ქვერაიონებს: VIა—ფშავის მაღალმთიანი  
ქვერაიონი (მდ. ფშავის არაგვის ზემო წელის აუზში); VIბ—ხევსურეთის მა-  
ღალმთიანი ქვერაიონი (მდ. ხევსურეთის არაგვის აუზი).

VII. მ თ ი უ ლ ე თ - გ უ დ ა მ ა ყ რ ი ს მ ა ლ ა მ თ ი ა ნ ი რ ა ი ო ნ ი ხა-  
სიათდება ღრმა განიერი ხეობებისა და მკვეთრად დანაწევრებული ქედების  
მთა-ხეობათა რელიეფით, რომელიც განვითარებულია შუა და ზედა იურის  
ძლიერ დისლოცირებულ კარბონატულ ნალექებზე; რაიონის თავისებურებას  
წარმოადგენს აგრეთვე ყელი-ნეფისკალოსა და საკოხე-საძელის ვულკანური  
ზეგნების არსებობა, რომელთა რელიეფი კონტრასტს ქმნის დაკბილულ და  
მეტად მკვეთრად დანაწევრებულ კიუხის დიბაზურ მასივთან და აუზის სხვა  
მკვეთრად დანაწევრებულ ნაწილთან. მთის ტყეთა, სუბალპურ და ალპურ ზო-  
ნებთან ერთად რაიონში არის სუბნივალური ზონა ნივალური ზონის ფრაგმენ-  
ტებით. მაღალმთის ცივი ჰავა და ნალექების დიდი რაოდენობა (1000—1500 მმ  
და მეტიც), აგრეთვე თავისებური პიდროგეოლოგიური პირობები ხელს უწყ-  
ყობს მაღალი ჩამონადენის ფორმირებას, რომელიც 35—55 ლ-მდე აღწევს.

რაიონში შეიძლება გამოიყოს შემდეგი ქვერაიონები: VIIა—მთიულეთისა  
და გუდამაყრის არაგვის გასწვრივ ხეობათა ქვერაიონი. VIIბ—კიუხის დიბა-  
ზური მასივის ქვერაიონი. VIIგ—ყელი-ნეფისკალოსა და საკოხე-საძელის მა-  
ღალმთიანი ვულკანური ქვერაიონი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 10.1.1961)

დაპოვნებათა ლიტერატურა

1. ი. ა ზ ნ ა ხ ა ვ ა . ჩამონადენის გეოგრაფიული და შიდაწლიური განაწილება მდ. არაგვის  
აუზში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXIII, № 4, 1959.
2. გ. ა ხ ვ ლ დ ი ა ნ ი , ი. ბ ა რ ა თ ა შ ვ ი ლ ი , გ. ტ ა ლ ა ხ ა ძ ე , ს. ც ი ნ ც ა ძ ე . კასპის, დუ-  
შეთისა და თიანეთის რაიონების ნიადაგები. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემ-  
იის ნიადაგმცოდნეობის ინსტიტუტის შრომები, ტ. VI, 1954.



3. ლ. ვ ლ ა დ ი მ ი რ ო ვ ი. საქართველოს მდინარეთა ჩამონადენის რეჟიმი. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ფიზ.-გეოგრაფიული სერია, ტ. III, ნაკვ. 2, 1948.
4. ლ. ვ ლ ა დ ი მ ი რ ო ვ ი და ი. შ ა ქ ა რ ი შ ვ ი ლ ი. საქართველოს დარაინუნება ძირითადი ჰიდროლოგიური ნიშნების მიხედვით. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ფიზ.-გეოგრ. სერია, ტ. III, ნაკვ. 2, 1948.
5. ნ. კ ე ც ხ ო ვ ე ლ ი. საქართველოს მეცნარეული საფარი. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა. თბილისი, 1959.
6. მ. კ ო რ ძ ა ხ ი ა. ძირითადი მეტეოროლოგიური ელემენტების კლიმატური რეჟიმი საქართველოში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ფიზ.-გეოგრ. სერია, ტ. III, ნაკვ. 1, 1948.
7. მ. კ ო რ ძ ა ხ ი ა. შიდა ქართლის კლიმატი. საქართველოს სსრ გეოგრაფიული საზოგადოების შრომები, ტ. I—II, 1949.
8. А. А. Гроссгейм. Растительный покров Кавказа. М., 1948.
9. А. Н. Джавахишвили. Геоморфологические районы Грузинской ССР. М.—Л., 1947.
10. А. Г. Долуханов и М. Ф. Сахокия. Опыт геоботанического районирования Закавказья. Сообщения АН ГССР, т. II, № 4, 1941.
11. А. Г. Долуханов, М. Ф. Сахокия и А. Л. Харадзе. К вопросу о высокогорных растительных поясах Кавказа. Труды Тбилисского ботанического института, т. VIII, 1942.
12. В. И. Кавришвили. Ландшафтно-гидрологические зоны Грузинской ССР. Тбилиси, 1955.
13. И. Р. Кахадзе. Грузия в юрское время. Труды Геологического института АН ГССР, серия геологическая, т. III (VII). Тбилиси, 1947.
14. В. П. Ренгартен. Геологический очерк района Военно-Грузинской дороги. Труды ВГРО ВСНХ СССР, вып. 142, М.—Л., 1932.
15. М. Н. Сабашвили. Почвы Грузии. Тбилиси, 1948.
16. А. Л. Цагарели. Верхний мел Грузии. Тбилиси, 1954.
17. Н. А. Гвоздецкий. Физическая география Кавказа. Вып. II, М., 1958.
18. А. Н. Джавахишвили. Физическая география Грузинской ССР. Тбилиси, 1957.
19. Б. Ф. Добрынин. Карта физико-географических областей, главных районов и зон Грузинской ССР. 1944.
20. М. С. Санеблидзе. Физико-географическое районирование Грузинской ССР. Научные доклады высшей школы, геолого-географические науки, 3, 1958.

საქართველო

ბ. შიშაძე

შუაეოცენურის ვულკანოზის განვითარება სამხრეთ საქართველოს  
ბელტის ფარგლებში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ქაუნიძემ 10.4.1961)

შუაეოცენური ასაკის ნალექები ფართოდაა გავრცელებული ლოქის მასივის სამხრეთ, სამხრეთ-დასავლეთ და დასავლეთ პერიფერიაზე. წყება ყველგან ტრანსგრესიულად ფარავს მასზე ძველ ნალექებს. სამხრეთით იგი უშუალოდ თავზე ადევს მასივს; სამხრეთ-დასავლეთით და დასავლეთით კი ლიასურ, ბიოსურ და ცარცულ ნალექებზე დევს. ამავე მიმართულებით წყება ზევიდან ახალგაზრდა ლავის ნაკადებით იფარება.

წყების ტექტონიკა მარტივია. აქ სამხრეთ-დასავლეთით დაქანებული სუსტად დისლოცირებული მონოკლინი გვაქვს, რომელიც რკალურად გარს უვლის მასივს. დაქანების კუთხე 10—12° ფარგლებში მერყეობს. სიმძლავრე 1200 მეტრია

ლოქის მასივის პერიფერიაზე განლაგებული შუაეოცენური წყების ქვედა ნაწილი წარმოდგენილია კონგლომერატებით, ქვიშიანი კირქვებით, ნუმულიტიანი კირქვებით და ქვიშაქვებით. ეს ნალექები წყვეტილი გავრცელებით სარგებლობს და ცვალებადი სიმძლავრით ხასიათდება (0—70 მ-მდე). წყების ძირითად ნაწილს შეადგენს მძლავრი (1200 მ) ვულკანოგენური წარმონაქმნები, რომლებსაც შუაეოცენური წყების ზედა ნაწილი უჭირავთ. ვულკანოგენური წარმონაქმნების პეტროგრაფიულმა შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ისინი წარმოდგენილი არიან პორფირიტული განფენებით, მათი პიროკლასტოლითებით და ძარღვული ქანებით.

განფენები პორფირიტული ქანებითაა წარმოდგენილი. ცალკეული განფენების სიმძლავრე 5—15 მეტრის ფარგლებში იცვლება. მიკროსკოპულად პორფირიტები ღია ფერის, ნაცრისფერი, ვარდისფერი და იასამნისფერია. ზოგი შეიცავს მუქი სილიკატის პორფირულ გამონაყოფებს. მიკროსკოპული შესწავლით ირკვევა, რომ ქანებს პორფირული სტრუქტურა ახასიათებს. ძირითადი მასა ჰიალოპილიტურია. იგი ხშირად ღია ნაცრისფერია, ზოგჯერ უფეროც კი. არის შემთხვევები, როდესაც ძირითადი მასა რუხი ფერისაა, რაც გამოწვეულია შეცვლის შედეგად პელიტური მასებისა და ქლორიტის გაჩენით. ძირითადი მასა შედგება პლაგიოკლასის მრავალრიცხოვანი მიკროლითებისა და ოდნავ გაპელიტებული ან გაქლორიტებული მინისაგან. ქლორიტი მწვანე ფერისაა, უმეტეს

შემთხვევაში იზოტროპული. ძირითად მასაში ხშირად შეინიშნება კალციტის მცირე ზომის გამონაყოფები. შედარებით იშვიათია უფრო პრენიტის არაწესიერი ფორმის ჩანართები. ვხვდებით მადნეულ მინერალს.

ფენოკრისტალები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით და ავგიტით. პლაგიოკლაზი პრიზმული ან ფირფიტისებური, 1—3 მმ ზომის კრისტალების სახით გვხვდება. მათი უმრავლესობა საღია, მცირე ნაწილი კი შეცვლილი-გაქლორატებული, გაპელიტებული და გაკარბონატებული. უფრო ხშირად პლაგიოკლაზი ნაწილობრივ ჩანაცვლებულია ქლორიტით. შედარებით იშვიათად კი კალციტით.

ავგიტის კრისტალები წესიერ ფორმებს ქმნიან. ხშირ შემთხვევაში ვხვდებით პიროქსენებისთვის დამახასიათებელ რვაკუთხა კვეთებს. კრისტალებს მომწვანო ფერი გადაკრავს. ზომა 0,5 მმ-დან 1—2 მმ-ს აღწევს —  $CNg - 45^\circ$ .

სხვადასხვა პორფირიტებში პლაგიოკლაზები ანდეზინიდან ლაბრადორამდე ან ბიტოვნიტამდე იცვლება. პლაგიოკლაზის რიგისა და ავგიტის შემცველობის მიხედვით პორფირიტებში გაირჩევა — ანდეზინიანი, ავგიტ-ანდეზინიანი, ავგიტ-ლაბრადორიანი, ავგიტ-ბიტოვნიტიანი პორფირიტები.

პიროკლასტოლითები წყებაში ყველაზე დიდი გავრცელებით სარგებლობს. ისინი ძირითადად ლავური ჩქერებით, ტუფბრექჩიებით და ტუფკონგლომერატებითაა წარმოდგენილი. ვხვდებით აგრეთვე შრეებრივ ტუფებსაც. პიროკლასტოლითების სიმძლავრე ასეული მეტრებით იზომება.

ტუფკონგლომერატები პიროკლასტოლითებს შორის ყველაზე ნაკლები გავრცელებით სარგებლობს. მათ წყების ქვედა ნაწილი უჭირავთ და წყვეტილი გავრცელება აქვთ. ლავური და ტუფური ბრექჩიები წამყვან როლს ასრულებენ წყების აგებულებაში. რადგან ამ ქანების შემადგენელი ნატეხები და ლავური ცემენტი სრულ ანალოგიას იჩენენ ზემოთ აღწერილ პორფირიტებთან, ამიტომ მათ აქ არ აღვწერთ. მოვიყვანთ მხოლოდ ტუფბრექჩიების შემადგენლებელ ტუფური მასალის ზოგად დახასიათებას.

ცემენტი შედგება სხვადასხვა ზომის პორფირიტების ნატეხებისაგან. პორფირიტებთან ერთად ხშირად გვხვდება ავგისტისა და პლაგიოკლაზის ცალკეული კრისტალების ნატეხებიც.

ქანების ნატეხების სიდიდე 1—5 მმ-ის ფარგლებში ცვალებადობს. ნატეხები დაკუთხულია. ხასიათდება პორფირიტული სტრუქტურით. ძირითადი მასა შედგება პლაგიოკლაზის წვრილი ლეისტებისა და ვულკანური მინისაგან. ეს უკანასკნელი უმეტეს შემთხვევაში გაქლორიტებულია. ძირითად მასაში გვხვდება აგრეთვე მადნეული მინერალიც. პორფირული განაყოფები წარმოდგენილია ანდეზინის ან ლაბრადორის რიგის პლაგიოკლაზის პრიზმული კრისტალებით და პიროქსენით. საღი პლაგიოკლაზი იშვიათად გვხვდება. უმთავრესად იგი ქლორიტით ან კალციტითაა ჩანაცვლებული. ზოგჯერ შეინიშნება პლაგიოკლაზის გალობიტება. პიროქსენი საღია. გადაკრავს მომწვანო ფერი. ვხვდებით უფრო პიროქსენსაც.

კრისტალების ნატეხები წარმოდგენილია იმავე პიროქსენების და პლაგიოკლაზის მარცვლებით, რომლებიც პორფირიტების ნატეხებში გვხვდება. მარც-

ვლების ზომა 0,2 მმ-დან 1—2 მმ-მდე ცვალებადობს.  $CNg = 40^\circ$  პლაგიოკლაზის კრისტალებს ზონალობა ახასიათებს. უმეტეს შემთხვევაში ისინი ისეთივე შეცვლას განიცდიან, როგორც განუცდია ქანების ნატეხების პლაგიოკლაზებს. შეცვლას განიცდის აგრეთვე პიროქსენის ნატეხებიც. გვხვდება სერპენტინის ფსევდომორფოზები მუქი სილიკატის მიმართ. ფორმით ისინი ოლივინს მოგვაგონებენ. ჩვეულებრივად ეს ფსევდომორფოზები გარშემორტყმულია ლიმონიტის არშიით. ლიმონიტი შეინიშნება აგრეთვე ლაქების ან ძარღვაკების სახით. ზოგჯერ ლიმონიტი მთლად ავსებს კრისტალს და სერპენტინი უწვრილესი ლაქების სახით რჩება აქა-იქ.

ნატეხებს შორის სივრცეს კალციტი, ქალცედონი ან ზოგჯერ ბოქოვანი ქლორიტი ავსებს. ამ მინერალებს ხან ერთად ვხვდებით ცემენტში, ხან ცალცალკე. კალციტი ხშირად ქმნის მრავალრიცხოვან წვრილ ძარღვაკებს.

ძარღვის ქანები წყებაში დამორჩილებულ როლს ასრულებენ. ისინი ძირითადად წარმოდგენილი არიან დიაბაზებით. ვხვდებით ალბიტოფირებსაც.

დიაბაზები მუქი მწვანე ან მოშავო ფერისაა. ახასიათებთ დიაბაზური სტრუქტურა და ძირითადად ლაბრადორისაგან შედგება. ლაბრადორი ქმნის ზონალური აგებულების პრიზმულ კრისტალებს, რომელთა შორის მონოკლინური პიროქსენის ქსენომორფული მარცვლებია განლაგებული. იშვიათად გვხვდება იდიომორფული კვეთებიც; მეტწილად განიცდის გაქლორიტებას. მადნეული მანერალებიდან არის მაგნეტიტი და ლიმონიტი. ზოგჯერ ქანში გვაქვს კვარცის ქსენომორფული მარცვლები. ასეთ შემთხვევაში ქანი უკვე კვარციანი დიაბაზია.

ძარღვებს შორის გვხვდება დიაბაზპორფირიტებიც, რომლებიც დიაბაზებისაგან სტრუქტურით განსხვავდება. მათ მიკროდიაბაზური სტრუქტურის მქონე ძირითადი მასა და ლაბრადორისა და ავგიტის ფენოკრისტალები ახასიათებთ.

ალბიტოფირი ლიფერისაა, ვიტროფირული ძირითადი მასით, რომელსაც გაბელიტება და გასერიციტება განუცდია. ფენოკრისტალები ალბიტითაა წარმოდგენილი. ალბიტი მეორადია, რასაც მოწმობს ზოგ უბანში ოლიგოკლაზის ნაწილობრივ კალციტებული ფენოკრისტალების არსებობა. ქანში მცირე რაოდენობით არის კვარცი.

ლოქის მასივის სამხრეთ-დასავლეთი პერიფერიის შუაეოცნური ვულკანოგენური წყების შესწავლის საფუძველზე გ. ჩიხრაძემ და მ. ბერიძემ [1] მდ. ფინაზაურის ხეობის ზემო წელში ეს წყება ორ პორიზონტად ვაკვეცს — ქვედა, ფუქე და ზედა, მყავე პორიზონტებად. ქვედა, ფუქე პორიზონტი, მათი მონაცემების მიხედვით, წარმოდგენილია მასივური ავგიტ-ანდეზინიანი, ავგიტ-ლაბრადორიანი და ავგიტ-ბიტოვინტიანი პორფირიტებით და მათი ტუფებით. პორფირიტებს უმთავრესად ჰიალოპილიტური ძირითადი მასა აქვთ. ტუფები ძირითადად ანდეზინ-ლაბრადორიანია. იშვიათად გვხვდება ოლიგოკლაზიანი ტუფებიც. ზედა, მყავე პორიზონტს შეადგენს ალბიტ-ოლიგოკლაზიანი და ავგიტ-ანდეზინიანი პორფირიტები, ვიტროფირული ძირითადი მასით და ალბიტ-ოლიგოკლაზიანი შრეებრივი ტუფები.

ავტორების აზრით ეს ორი ჰორიზონტი არაერთგვაროვანი მაგმისგან წარმოშობილა. ამის მანვენებელი უნდა იყოს ზედა ჰორიზონტის შემადგენელი ქანების უფრო მკაფიე ხასიათი ქვედასთან შედარებით და პორფირიტების ძირითადი მასების განსხვავებული სტრუქტურები.

აღნიშნული მკაფიე ჰორიზონტის სიმძლავრე მდ. ფინაზურის ხეობის დასავლეთით თანდათან კლებულობს და დმანისის რაიონში მთლიანად ისოლუბა.

აღწერილი შუაეოცენური ვულკანოგენური წყება სამხრეთ საქართველოს (ართვინ-სომხეთის) ბელტზე დევს, რამაც განაპირობა მისი სუსტი დანაოჭება. წყებაში ფაუნის არსებობა წყების წყალქვეშა წარმოშობაზე მიუთითებს. პეტროგრაფიული შედგენილობით ვულკანური წარმონაქმები გეოსინკლინური ვულკანიზმის პროდუქტების ანალოგიურია.

ამრიგად, სამხრეთ საქართველოს ბელტზე შუაეოცენურ დროში გეოსინკლინური ბუნების ვულკანიზმის გამოვლინება გვაქვს.

ცნობილია, რომ პალეოგენური ვულკანიზმი საქართველოში დაკავშირებულია აჭარა-თრიალეთის გეოსინკლინის განვითარებასთან [2]. პალეოგენური ვულკანური აქტივობა პალეოცენში დაიწყო. შუა ეოცენში გეოსინკლინმა დაძირვის მაქსიმუმს მიაღწია. ამას მოჰყვა ძლიერი ვულკანური ამოფრქვევები მთელ გეოსინკლინში, რომლის მაქსიმალურ დაძირვასთან ერთად სამხრეთ საქართველოს ბელტიც დაიძირა, რასაც შედეგად მასზე ზღვის ტრანსგრესია მოჰყვა [3]. ამ ტრანსგრესიის დროს ბელტზე ჭერ მცირე სიმძლავრის ტერიგენული ნალექები დაილექა. შემდეგ კი მძლავრი ვულკანური აქტივობის გამოძახილია ამ რაიონამდელე მოაღწია.

ამრიგად, შუაეოცენურ დროში აჭარა-თრიალეთის გეოსინკლინთან ერთად სამხრეთ საქართველოს ბელტის დაძირვამ განაპირობა ბელტის ფარგლებში გეოსინკლინური ვულკანიზმის გამოვლინება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
გეოლოგიური ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას ნოვედა 15.4.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. ჩიხრაძე და მ. ბერიძე. მასალები ლოქის მასივის სამხრეთ-დასავლეთი პერიფერიის შუა ეოცენის პეტროგრაფიისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნომბეტ. XXI, № 6, 1958.
2. Г. С. Дзоценидзе. Домносовый эффузивный вулканизм Грузии. Институт геологии и минералогии АН ГССР. Монографии, №1. Тбилиси, 1948.
3. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Алжаро-Триалетской складчатой системы. Институт геологии и минералогии АН ГССР. Монографии, № 2. Тбилиси, 1949.

სამშენებლო საქმა

ბ. კიხირია

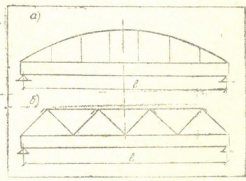
ძალეების განსაზღვრა კომბინირებულ კონსტრუქციებში  
ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების მხედველობაში  
მიღებით

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრიევა 12.11.1960)

მშენებლობის პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება კონსტრუქციები, რომლებშიც ერთობლივი მუშაობისათვის გაერთიანებულია ორი მზიდი კონსტრუქცია. ასეთ სისტემებს ეკუთვნის კოჭები, რომლებიც გაძლიერებულია თაღებით, თაღები შემკოჭით და სხვა.

კომბინირებულ კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის გამო შეიძლება მოხდეს მოქმედი ძალების შეცვლა მეტად დიდ ფარგლებში.

განვიხილოთ ხიდის მალის ნაგებობა, რომელიც ნაჩვენებია სურ. 1-ზე. დაუშვათ რომ, როგორც ეს ხშირად ხდება მშენებლობის პრაქტიკაში, მალის ნაგებობის აგება წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით: პირველ რიგში ამზადებენ და დგამენ ადგილზე წინასწარდაძებული რკინაბეტონის სიხისტის კოჭს. კოჭის ადგილზე დაყენების შემდეგ იკრიბება თაღები. სიხისტის კოჭი წინასწარი დაჭიმვისა და საკუთარი წონის მოქმედების გამო მიიღებს

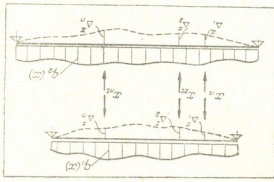


ნახ. 1

დეფორმაციებს. ჩვენ რომ კოჭი არ გაგვეცლიერებინა თაღით, ეს დეფორმაციები ბეტონის ცოცვადობის გამო თავისუფლად მოიმატებდნენ და არ გამოიწვევდნენ არავითარ დამატებით ძალებს. მაგრამ თაღი, ხელს უშლის რა დეფორმაციების თავისუფალ განვითარებას სიხისტის კოჭში, თავისთავზე იღებს კოჭზე მოქმედი ძალების ნაწილს. ძალების გამოთვლისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოებაც, რომ თაღის ბეტონიც მუშაობაში ჩართვის შემდეგ, განიცდის ცოცვადობის დეფორმაციებს. განხილულ შემთხვევაში ჩვენ გვქონდა ერთხელ სტატიკურად ურკვევადი კონსტრუქცია. ცხადია, რომ ასეთი კონსტრუქციები შეიძლება იყოს მრავალჯერ სტატიკურად ურკვევადი.

ამ შრომაში მოცემულია ძალების გამოთვლის ზოგადი მეთოდი მრავალჯერ სტატიკურად ურყეველ კომბინირებულ კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის მხედველობაში მიღებით.

დავუშვათ, გვაქვს კომბინირებული სისტემა, რომელიც შედგება ორი მზიდი კონსტრუქციისაგან (ნახ. 2). თითოეული მათგანი დატვირთულია გარე ძალებით: პირველი კონსტრუქცია დატვირთულია ნებისმიერი მუდმივი დატვირთვით  $q_1(x)$ , ხოლო მეორე —  $q_2(x)$  ცალკეულ  $n$  წერტილებში. ამ კონსტრუქციებს შორის დაყენებულია ბმები, რომელთა საშუალებითაც სისტემები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან.



ნახ. 2

აღწინაობით ურთიერთქმედების ძალები  $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}$ . ეს ძალები წარმოადგენენ დროის ფუნქციებს.

განვიხილოთ თითოეული კონსტრუქციის დეფორმაციები. დავუშვათ, რომ პირველ კონსტრუქციაში დატვირთვის ქვეშ წერტილებში 1, 2, ..., n მივიღეთ გადაანაცვლებები  $\Delta_1(t), \Delta_2(t), \dots, \Delta_n(t)$ . ეს გადაანაცვლებები იქნებიან დატვირთვის ( $q_1$ ), კვეთის სიხისტის ( $EI$ ), ცოცვადობის მახასიათებლის ( $\varphi$ ) და ძალების  $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}$  ფუნქციები.

ზოგადად შეგვიძლია ჩავწეროთ

$$\begin{aligned} \Delta_1^{(1)} &= f_1(q_1, E_1 I_1, \varphi_{t1}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}), \\ \Delta_2^{(1)} &= f_2(q_1, E_1 I_1, \varphi_{t1}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}), \\ &\dots \\ \Delta_n^{(1)} &= f_n(q_1, E_1 I_1, \varphi_{t1}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}). \end{aligned} \tag{1}$$

ანალოგიურად შეგვიძლია განვსაზღვროთ გადაანაცვლებები მეორე კონსტრუქციაშიც

$$\begin{aligned} \Delta_1^{(2)} &= F_1(q_2, E_2 I_2, \varphi_{t2}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}), \\ \Delta_2^{(2)} &= F_2(q_2, E_2 I_2, \varphi_{t2}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}), \\ &\dots \\ \Delta_n^{(2)} &= F_n(q_2, E_2 I_2, \varphi_{t2}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}). \end{aligned} \tag{2}$$

ეს დეფორმაციები თავის განვითარებაში არ არიან დამოუკიდებელი, რადგან 1, 2, ..., n წერტილებში დაყენებულია ბმები. ბმების დაყენების შემდეგ გადაადგილებების ნაზრდები წერტილებში 1, 2, ..., n დროის ნებისმიერ მონაკვეთში ორივე კონსტრუქციაში ტოლი უნდა იყოს, ე. ი. გვაქვს შემდეგი პირობები:

$$\begin{aligned} d\Delta_1^{(1)} &= d\Delta_1^{(2)} \\ d\Delta_2^{(1)} &= d\Delta_2^{(2)} \\ &\dots \\ d\Delta_n^{(1)} &= d\Delta_n^{(2)} \end{aligned} \tag{3}$$

ეს პირობები გვაძლევს განტოლებათა შემდეგ სისტემას:

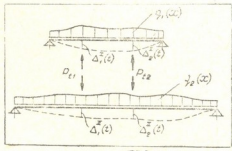
$$\begin{aligned}
 df_1(q_1, E_1 I_1, \varphi_{1t}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) - dF_1(q_2, E_2 I_2, \varphi_{2t}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) &= 0, \\
 df_2(q_1, E_1 I_1, \varphi_{1t}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) - dF_2(q_2, E_2 I_2, \varphi_{2t}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) &= 0, \\
 \dots & \\
 df_n(q_1, E_1 I_1, \varphi_{1t}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) - dF_n(q_2, E_2 I_2, \varphi_{2t}, x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) &= 0.
 \end{aligned} \tag{4}$$

მივიღებ განტოლებათა სისტემას — *n* განტოლებათა *n* უცნობით. უცნობი სიდიდეები  $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}$  განისაზღვრება ამ განტოლებათა ამოხსნით. თუ დავყვარდებით ცოცხადობის წრფივ თეორიას და მივიღებთ უიტენის მრუდების სამართლიანობას, მაშინ (4) სისტემა მოგვცემს წრფივ მულტიპლიკაციური ინტეგრირებადი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას. ინტეგრების მუდმივები განისაზღვრება საწყისი პირობებიდან: როდესაც  $t = t_0$ , გვაქვს

$$x_{1t} = x_{10}, x_{2t} = x_{20} \dots x_{nt} = x_{n0}. \tag{5}$$

თუ ჩვენ გვაქვს ერთხელ სტატიკურად ურკვევადი კონსტრუქცია, ბეტონის ცოცხადობისაგან გამოწვეული ძალების გამოსათვლელად შეგვიძლია ვისარაგებლოთ ფორმულებით, რომლებიც მოყვანილია [1] ში.

განვიხილოთ ორჯერ სტატიკურად ურკვევადი კომბინირებული სისტემა (ნახ. 3). დავუშვათ, რომ პირველ კონსტრუქციაში დატვირთვის ქვეშ 1 და 2 წერტილებზე მიიღეს დრეკადი გადანაცვლებები  $\Delta_{1p}^{(1)}$  და  $\Delta_{2p}^{(1)}$ , ხოლო მეორე კონსტრუქციაში შესაბამისად  $\Delta_{1p}^{(2)}$  და  $\Delta_{2p}^{(2)}$ .



ნახ. 3

აღვნიშნოთ, როგორც ჩვეულებრივად, დრეკადი ერთეული გადანაცვლებები პირველ კონსტრუქციაში:

- $\delta_{11}^{(1)}$  — წერტილი 1-ის გადანაცვლება ერთეული ძალისაგან, რომელიც მოდებულია ამავე წერტილში;
- $\delta_{22}^{(1)}$  — წერტილი 2-ის გადანაცვლება ერთეული ძალისაგან, რომელიც მოდებულია ამავე წერტილში;
- $\delta_{12}^{(1)}$  — წერტილი 1-ის გადანაცვლება ერთეული ძალისაგან, რომელიც მოდებულია მე-2 წერტილში.

ანალოგიურად აღვნიშნოთ მეორე კონსტრუქციისათვის  $\delta_{11}^{(2)}$ ,  $\delta_{22}^{(2)}$  და  $\delta_{12}^{(2)}$ . აღვნიშნოთ აგრეთვე 1 და 2 წერტილების გადანაცვლება დროის ნებისმიერ მომენტში:

პირველი კონსტრუქციისათვის:  $\Delta_1^{(1)}(t)$ ,  $\Delta_2^{(1)}(t)$ ,  
 მეორე კონსტრუქციისათვის:  $\Delta_1^{(2)}(t)$ ,  $\Delta_2^{(2)}(t)$ .

როდესაც 1 და 2 წერტილებში ორ კონსტრუქციას შორის დაყენებულ-



ლია ბმები, ამ წერტილების გადანაცვლებების ნაზრდები ორივე კონსტრუქციისათვის ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს, ე. ი. უნდა გვექონდეს

$$d\Delta_1^{(1)} = d\Delta_1^{(2)}, \quad (6)$$

$$d\Delta_2^{(1)} = d\Delta_2^{(2)}.$$

დროის ნებისმიერი მომენტისათვის (6) გვაძლევს დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას

$$\begin{aligned} & (\Delta_{1p}^{(1)} - p_{t_1} \cdot \delta_{11}^{(1)} - p_{t_2} \cdot \delta_{12}^{(1)}) d\varphi_1^{(1)} - dp_{t_1} \cdot \delta_{11}^{(1)} - dp_{t_2} \cdot \delta_{12}^{(1)} = \\ & = (\Delta_{1p}^{(2)} + p_{t_1} \cdot \delta_{11}^{(2)} + p_{t_2} \cdot \delta_{12}^{(2)}) d\varphi_1^{(2)} + dp_{t_1} \cdot \delta_{11}^{(2)} + dp_{t_2} \cdot \delta_{12}^{(2)} \quad (7) \\ & (\Delta_{2p}^{(1)} - p_{t_1} \cdot \delta_{21}^{(1)} - p_{t_2} \cdot \delta_{22}^{(1)}) d\varphi_1^{(1)} - dp_{t_1} \cdot \delta_{21}^{(1)} - dp_{t_2} \cdot \delta_{22}^{(1)} = \\ & = (\Delta_{2p}^{(2)} + p_{t_1} \cdot \delta_{21}^{(2)} + p_{t_2} \cdot \delta_{22}^{(2)}) d\varphi_1^{(2)} + dp_{t_1} \cdot \delta_{21}^{(2)} + dp_{t_2} \cdot \delta_{22}^{(2)}. \end{aligned}$$

ამ განტოლებების შედგენისას მხედველობაში მიღებულია, რომ ბეტონის ცოცვადობით გამოწვეული გადანაცვლების ცვლილება დროის რომელიმე მომენტ  $t$ -ში შედგება: გადანაცვლებისაგან, რომელიც უშუალოდ გამოწვეულია კოჭის ცოცვადობისაგან, და დრეკადი გადანაცვლებებისაგან, რომლებიც გამოწვეულია ძალების  $p_{t_1}$  და  $p_{t_2}$  ცვლილებით.

ცოცვადობის დეფორმაციებისათვის, როგორც ჩვეულებრივ, მივიღოთ ექსპონენციალური კანონი

$$\varphi_{t_1} = \varphi_{m_1} (1 - e^{-\beta_1 t}),$$

$$\varphi_{t_2} = \varphi_{m_2} (1 - e^{-\beta_2 t}).$$

განვიხილოთ შემთხვევა

$$\varphi_{m_1} \neq \varphi_{m_2} \text{ და } \beta_1 = \beta_2. \quad (9)$$

აქვე შეიძლება აღინიშნოს, რომ კოეფ.  $\beta$  სხვადასხვა ბეტონებისათვის ჩვეულებრივად მეტად მცირე ფარგლებში იცვლება.

თუ აღვნიშნავთ

$$k = \frac{\varphi_1^{(2)}}{\varphi_1^{(1)}} = \frac{\varphi_m^{(2)}}{\varphi_m^{(1)}} = \frac{d\varphi_1^{(2)}}{d\varphi_1^{(1)}}, \quad (10)$$

(7) განტოლებები ჩაიწერება

$$\begin{aligned} & \frac{dp_{t_1}}{d\varphi_1^{(1)}} (\delta_{11}^{(1)} + \delta_{12}^{(2)}) + \frac{dp_{t_2}}{d\varphi_1^{(1)}} (\delta_{22}^{(1)} + \delta_{22}^{(2)}) + p_{t_1} \cdot \delta_{11}^{(1)} + p_{t_1} \cdot \delta_{12}^{(2)} \cdot k + p_{t_2} \cdot \delta_{22}^{(1)} + \\ & + p_{t_2} \cdot \delta_{22}^{(2)} \cdot k = \Delta_{2p} - k\Delta_{1p}, \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{dp_{t_1}}{d\varphi_1^{(1)}} (\delta_{11}^{(1)} + \delta_{12}^{(2)}) + \frac{dp_{t_2}}{d\varphi_1^{(1)}} (\delta_{22}^{(1)} + \delta_{22}^{(2)}) + p_{t_1} (\delta_{11}^{(1)} + k\delta_{12}^{(2)}) + p_{t_2} (\delta_{22}^{(1)} + k\delta_{22}^{(2)}) = \\ & = \Delta_{1p}^{(1)} - k\Delta_{2p}^{(2)}. \end{aligned}$$

ამ სისტემის ამოსახსნელად ის დაგვყავს ერთ მეორე რიგის დიფერენციალურ განტოლებამდე, რომლის ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე:

$$p_{t_1} = c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t} + \frac{E}{D};$$

$$p_{t_2} = c_1 [r_1 u + v] e^{r_1 t} + c_2 [r_2 u + v] e^{r_2 t} + w, \tag{12}$$

აქ

$$r_{1,2} = \frac{-M \pm \sqrt{M^2 + 4LN}}{2L}$$

$$u = \frac{c \cdot A}{f \cdot B} - \frac{a}{f}; \quad A = \frac{a}{f} - \frac{c}{e};$$

$$v = \frac{c \cdot D}{B \cdot f} - \frac{g}{f}; \quad B = \frac{c}{f} - \frac{b}{e};$$

$$w = \frac{m}{f} - \frac{g \cdot E}{D \cdot f}; \quad D = \frac{g}{f} - \frac{f}{e}; \quad E = \frac{m}{f} - \frac{n}{e};$$

$$a = \delta_{11}^{(1)} + \delta_{11}^{(2)}; \quad g = \delta_{11}^{(1)} + k \delta_{11}^{(2)};$$

$$b = \delta_{22}^{(1)} + \delta_{22}^{(2)}; \quad e = \delta_{22}^{(1)} + k \delta_{22}^{(2)};$$

$$c = \delta_{13}^{(1)} + \delta_{13}^{(2)}; \quad f = \delta_{13}^{(1)} + k \delta_{13}^{(2)};$$

$$m = \Delta_{1p}^{(1)} - k \Delta_{2p}^{(2)};$$

$$n = \Delta_{2p}^{(1)} - k \Delta_{2p}^{(2)}.$$

$$\tag{13}$$

$c_1$  და  $c_2$  განისაზღვრება საწყისი პირობებიდან.  
მაგალითი.

გვაქვს რკინაბეტონის კოჭი (ნახ. 4), რომელიც დატვირთულია თანაბრად განაწილებული დატვირთვით  $q=2$  ტ/მ. დატვირთვის შემდეგ კოჭს ედგმება ბეტონის ორი სვეტი. დადგმის მომენტში სვეტები დატვირთული არ არის, მაგრამ ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარებასთან ერთად დატვირთვის ნაწილი, რომელიც მოქმედებდა კოჭზე, გადაეცემა სვეტებს. ვითვლით გადანაცვლებებს.

კოჭში:  $\delta_{11}^{(1)} = 0,247; \quad \delta_{22}^{(1)} = 0,135; \quad \delta_{13}^{(1)} = 0,159;$   
 $\Delta_{1p}^{(1)} = 6,588; \quad \Delta_{2p}^{(1)} = 4,627;$

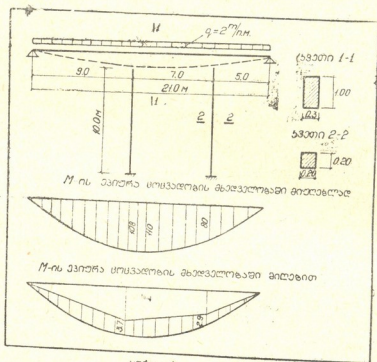
სვეტებში:  $\delta_{22}^{(2)} = \delta_{11}^{(2)} = 0,022; \quad \delta_{13}^{(2)} = 0;$   
 $\Delta_{1p}^{(2)} = 0; \quad \Delta_{2p}^{(2)} = 0.$

შივილოთ

$$\varphi_m^{(1)} = 1,0; \quad \varphi_m^{(2)} = 2; \quad k = \frac{\varphi_m^{(2)}}{\varphi_m^{(1)}} = 2.$$

კოეფიციენტები:

$$\begin{aligned}
 a &= 0,263; & b &= 0,157; & c &= 0,159; \\
 g &= 0,291; & e &= 0,179; & f &= 0,159; \\
 m &= 6,588; & n &= 4,627; \\
 A &= 0,804; & B &= 0,123; & D &= 0,943; & E &= 15,585; \\
 L &= -0,770; & M &= -1,960; & N &= 1,219; \\
 r_1 &= -1,05; & r_2 &= -1,51.
 \end{aligned}$$



ნახ. 4

მაშინ

$$p_{t_1} = c_1 e^{-1,05\varphi_t} + c_2 e^{-1,51\varphi_t} + 16,5;$$

$$p_{t_2} = 0,75 c_1 e^{-1,05\varphi_t} - 1,478 c_2 e^{-1,51\varphi_t} + 11,2.$$

(14)

საწყისი პირობები: როდესაც  $t = \tau_t = 0$ , ვვაქვს  $p_{t_1} = p_{t_2} = 0$ .  
 $c_1$  და  $c_2$  მოინახება როგორც შემდეგ გან-თა სისტემის ამონახსენი:

$$c_1 + c_2 + 16,5 = 0;$$

$$0,75 c_1 - 1,478 c_2 + 11,201 = 0;$$

საიდანაც

$$c_1 = -15,963 \quad c_2 = -0,537.$$

ამრიგად,

$$p_{t_1} = 16,5 - 15,963 e^{-1,05\varphi_t^{(1)}} - 0,537 e^{-1,51\varphi_t^{(1)}};$$

$$p_{t_2} = 11,2 - 11,97 e^{-1,05\varphi_t^{(1)}} + 0,772 e^{-1,51\varphi_t^{(1)}}.$$

(15)

პროცესის ბოლოს, როდესაც  $\varphi^{(1)} = \varphi^{(2)} = 1$ ,

$$p_{m1} = 10,88 \text{ ტ. და } p_{m2} = 7,24 \text{ ტ.}$$

ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია მლუნავი მომენტის ეპიურები კოჭში ბეტონის ცოცვადობის მხედველობაში მიღებით და მიუღებლად. ამ ეპიურების შედარებით ჩანს, თუ რა დიდად შეიცვალა მლუნავი მომენტის სიდიდე და მისი განაწილება.

(1ა) საშუალებით ჩვენ შეგვიძლია აგრეთვე დავადგინოთ, თუ რა ფარგლებში, იცვლება ძაღვები ცოცვადობის მახასიათებლის  $\varphi^{(1)}$ -ის მიხედვით. თუ კოჭი მხოლოდ დრეკადია, ე. ი. მისი წახალა არ განიცდის ცოცვადობის დეფორმაციებს  $\varphi^{(1)} = 0$  და  $p_{11} = 0$ ,  $p_{12} = 0$ , ე. ი. სვეტებს არავითარი ძაღვები არ გადაეცემა. თუ კოჭის ბეტონს ახასიათებს შეტად დიდი ცოცვადობა, შეგვიძლია მივიღოთ  $\varphi^{(1)} = \infty$  და (15)-დან მივიღებთ

$$p_{11} = 16,5 \text{ ტ. და } p_{12} = 11,2 \text{ ტ.}$$

არ არის ძნელი ვაჩვენოთ, რომ ეს სიდიდეები შეესაბამება იმ ძაღვებს, რომლებიც გვექნება, თუ ამ კონსტრუქციას თავიდანვე განვიხილავდით როგორც ჩარჩოს; აქედან კი გამომდინარეობს, რომ, თუ დატვირთვის მომენტში გვექნებოდა ჩარჩო, ბეტონის ცოცვადობისაგან ძაღვების გადანაწილება არ მოხდებოდა.

ზემოთქმულიდან ჩანს, თუ რაოდენ დიდ ფარგლებში შეიძლება შეიცვალოს ძაღვები კომბინირებულ კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის გავლენით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

სააშუაბლო საქმის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 24.1.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. კ ი ზ ი ა. კომბინირებულ კვეთში ძაღვების განსაზღვრა ბეტონის შეკლებისა და ცოცვადობის დეფორმაციების მხედველობაში მიღებით. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია მოაპებ, ტ. XXIV, № 5, 1960.



ტექნიკა

ბ. შახრომანოვი

**ტალღოვანი კაშხალების ტემპერატურაზე ბაზნაბარიუმის  
საკონტინენტის**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ო. ონიაშვილმა 20.5.1961)

თაღოვანი კაშხალები გრაფიტაციულ კაშხალებთან შედარებით უფრო ეკონომიურია. ეკონომია მოცულობაში აღწევს 80%-ს, ხოლო ღირებულებაში—70%-ს. საბჭოთა კავშირში პირველი თაღოვანი კაშხალი ვანხორციელდა მდ. ლაჯანურზე, რაც საქართველოს სსრ ჰიდროენერგეტიკოსების დიდი მიღწევაა. ამჟამად მდ. ენგურზე (დასავლეთ საქართველო) შენდება მსოფლიოში ერთ-ერთი მსხვილი მაღალდაწნევიანი კაშხალი.

სტატიკური მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ თაღოვანი კაშხალები კარგად იტანენ ტემპერატურულ ცვლილებებს. მაგალითად, ბაროკოს კაშხალის (სამხრეთი ავსტრალია) გარშემომცველი ჰაერის ტემპერატურა მერყეობს  $+1^{\circ}\text{C}$ -დან  $+75,5^{\circ}\text{C}$ -მდე. პატინდერის კაშხალის, რომელიც მდებარეობს ზღვის დონიდან 1695 მ სიმაღლეზე, ექსპლოატაცია ხდება ტემპერატურის  $-34^{\circ}\text{C}$ -დან  $+38^{\circ}\text{C}$ -მდე ცვალებადობით. ეს კაშხალი ვაკეთებულია ჯდენითი ნაკერების გარეშე. შიდატალის კაშხალი, ექსპერტების აზრის წინააღმდეგ, ააშენეს 1900 მ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან. ხიდერლინდერის [1] მონაცემებით, 1799—1931 წწ. პერიოდში თაღოვანი კაშხალების კატასტროფები არ აიხსნება ტემპერატურული გადაძაბვებით.

1884—1929 წწ. პერიოდში სხვადასხვა ქვეყანაში აშენდა 17 თაღოვანი კაშხალი, გაანგარიშებული მარიოტის ფორმულით, ტემპერატურული ძაბვების გაუთვალისწინებლად.

ძაბვებმა, რომლებიც წარმოიშობიან თაღოვან კაშხალებში ტემპერატურული რყევადობისაგან, ჩაჯდომისაგან, ეგზოთერმიისა და სხვა ფაქტორებისაგან, ადვილად შეიძლება გადააჭარბონ ბეტონის სიმტკიცის ზღვარს გაჭიმვაზე.

ბეტონის ხელოვნური ვაგრილება, შეკლების დეფორმაციების სტაბილიზაცია, კაშხალის თერმო- და ჰიდროიზოლაცია და სხვა ღონისძიებები შეიძლება არ აღმოჩნდნენ საქმარისი იმისათვის, რომ უზრუნველყოფდნენ იქნეს ნაგებობის მონოლითობა.

უნდა ვიგულისხმოთ, რომ თაღოვან კაშხალებში ბზარების გაჩენა აუცილებელია. ამისათვის მიზანშეწონილად უნდა ჩაითვალოს დასაშვები ძაბვების დასაბუთებული შეზღუდვა ან კერძო შემთხვევებში ლოკალურ არმირებაზე გადასვლა.

თაღოვან კაშხალებში გამჭოლი ბზარების აღბათობა უმნიშვნელოა, მაგრამ შესუსტებული კვეთები შეიძლება გახდნენ ადგილებად დინამიკური ძაბვების კონცენტრაციისა, სეისმური ძალების ზემოქმედებით.

კ. შავრიევის [2] მიხედვით, "...თაღებში შიში ტემპერატურული ძაბვების წინაშე ძალზე გადაჭარბებულია და ანგარიშის არსებული ნორმები წარმოადგენს დაუსაბუთებლად ხისტს". გ. პერედერი [2] ეყრდნობა რა „საუკუნეების მანძილზე ყველა ხალხის კოლოსალურ პრაქტიკას“, წინადადებ

ბას იძლევა მცირე მალეების ხიდურ თაღებში სრულად არ გაეითვალისწინოთ ტემპერატურული ცაბვები. ნებისმიერი მალის მქონე თაღებისათვის გ. პერედერიი [ε] შესაძლებლად თვის გამჭიმავი ცაბვების გავლენის უგულვებელყოფას, და რეკომენდაციას იძლევა გათვალისწინებულ იქნეს მხოლოდ მკუმშავი ცაბვები.

სსრ კავშირის გზათა მიმოსვლის სამინისტროს ნორმები [2] აგრეთვე უგულვებელყოფენ ტემპერატურულ გამჭიმავ ცაბვებს.

ენგურის კაშხალის ანგარიში ელექტრულ მანქანაზე „ურალი“ № 1, რაც შესრულებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამოთვლით ცენტრში, გვიჩვენებს, რომ რიცხვით მანქანებს მნიშვნელოვნად შეუძლიათ შეამსუბუქონ კაშხალის ანგარიშები.

თაღოვანი კაშხალის სივრცული ანგარიში შეიძლება აღმოჩნდეს ყველაზე სრულყოფილი. ამის გამო მიზანშეწონილია კაშხალთმშენებლების გამოკვლევები მიმართულ იქნეს გარსების მათემატიკური თეორიისა და დრეკადობის თეორიის მხრივ, რათა გამოვლინებულ იქნეს ჭეშმარიტი გადაწყვეტა. ამასთან „საიდელი ტეირთების“ იტერაციული მეთოდი და „თაღებისა და კედლის“ მოდიფიცირებული სხვა ვარიანტები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც პირველი (და კაშხალის სივრცული ანგარიშისა).

წარმოდგენილი შრომის მიზანია ლაჟანურჰესისა და ენგურჰესის თაღოვანი კაშხალის ჩვენ მიერ შესრულებული თერმული ანგარიშის ზოგიერთი შედეგის ილუსტრირება.

ფურტიეს თბოგამტარობის განტოლებას სამგანზომილებიანი ტანისათვის ბეტონის ეგზოთერმის გათვალისწინებით აქვს სახე [3]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left[ \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{b}{c} \right], \quad (1)$$

სადაც  $T$  ტემპერატურაა განსახილველი წერტილისა კოორდინატებით  $x, y, z$  დროის  $t$  მომენტში,  $a$ —კაშხალის მასალის ტემპერატურული გამტარებლობის კოეფიციენტი,  $b$ —სითბოს მყისა გამოყოფა ცემენტის ჰიდრატაციისაგან,  $c$ —შინაგანი თბოგამტარობის კოეფიციენტი.

ერთგანზომილებიანი ამოცანისა და სტაციონარული რეჟიმისთვის (1) განტოლების ინტეგრალის პ. შჩუსევი [4] წარმოგიდგენს შემდეგი სახით:

$$T = 2t \sum_{p=1}^{\infty} \frac{\sin r_p}{r_p + \sin r_p \cos r_p} e^{-\frac{t_1 a}{\delta^2} r_p^2} \cdot \cos r_p \frac{x}{\delta}. \quad (2)$$

გამოდიან რა ტემპერატურის ჰარმონიული რყევადობისაგან, ა. სტუჰკი და მ. დერანი (1) განტოლების ამოხსნას იძლევიან შემდეგი ფორმით [3]:

$$T(x, t) = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} \cos \left( \omega t - \arctg \frac{f_2}{f_1} \right) + \bar{T}_0 + \frac{\bar{T}_3 - \bar{T}_0}{\delta} x. \quad (3)$$

სიდიდეთა აღნიშვნა, რომლებიც შედიან (2) და (3) განტოლებებში, მიღებულია [3, 4] შრომების მიხედვით.

ორგანზომილებიანი ამოცანისათვის მიზანშეწონილია (1) განტოლების ინტეგრება სასრულ სხვაობათა მეთოდით. თუ ვისარგებლებთ ტეილორის ფორმულით

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{1!} \left( \frac{dy}{dx} \right)_n + \frac{h^2}{2!} \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right)_n + \frac{h^3}{3!} \left( \frac{d^3y}{dx^3} \right)_n + \dots, \quad (4)$$

და შეეცვლით დიფერენციალურ ოპერაციებს (1) განტოლებაში ცენტრალური სასრულო-სხვაობათა გამოსახულებებით, კოორდინატთა კვადრატული ბადისა  $(x, i)$   $(y, n)$  რეგულარული ბიჯით  $h$  და დროის ბიჯისათვის  $l(t, k)$ , გვექნება

$$T_{i, n, k+1} = T_{i, n, k} \left( 1 - \frac{4al}{h^2} \right) + \frac{al}{h^2} (T_{i-1, n, k} + T_{i+1, n, k} + T_{n-1, i, k} + T_{n+1, i, k}). \quad (5)$$

(5) განტოლებას აუცილებელია შევუერთოდ საწყისი პირობები  $T(x, y, 0) = \psi_1(x, y)$  და სასაზღვრო პირობები  $T(0, y, t) = \psi_2(y, t)$  და  $T(b, y, t) = \psi_3(y, t)$ . უმნიშვნელო კონვექციისა და გამოსხივების გამო  $\psi_1$  და  $\psi_2, \psi_3$  ფუნქციებს შორის შეთანხმების პირობა ადვილად მყარდება. პარაბოლური ტიპის (1) განტოლების მდგრადი ამოხსნის აუცილებელი პირობა დაკმაყოფილება (5) ფორმულის გამოყენების პროცესში. ეს ფორმულა საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ კაშხალის ტემპერატურული ველი და შევიადგინოთ იზოთერმები.

ერთგანზომილებიანი ამოცანის შემთხვევაში (5) ფორმულა გამარტივდება და მიიღებს სახეს

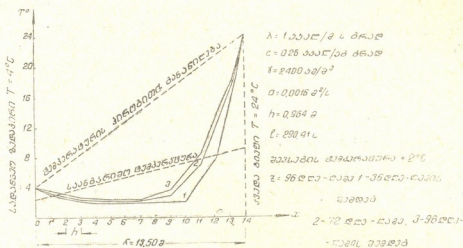
$$T_{i, k+1} = \left( 1 - \frac{2al}{h^2} \right) T_{i, k} + \frac{al}{h^2} (T_{i-1, k} + T_{i+1, k}). \quad (6)$$

ნახ. 1-ზე მოცემულია ენგურის თაღვანი კაშხალის სისქისათვის ტემპერატურის განაწილების გრაფიკები, ზაფხულის დროისათვის ავსებული წყალსაცავისათვის

ლაჯანურისა და ენგურის კაშხალების თერმული ანგარიშები, რომლებიც შესრულებულია (2, 3, 6) ფორმულების დახმარებით, საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი ზოგადი დასკვნები: თაღებისათვის, რომელთა სისქე  $\delta \ll 3$  მ, ნავიეს ჰიპოთეზა და შესაბამისად ტემპერატურის განაწილების წრფივი კანონი ძალაში რჩება. როცა  $\delta \ll 12$  მ, თაღის დერჯული ტემპერატურა 90 დღე-ღამის განმავლობაში პრაქტიკულად არ იცვლება. სეზონური ტემპერატურა აღწევს 3,5 მ-დან 6 მ-მდე სიღრმეში. დღელამური რყევადობა ტემპერატურისა მხოლოდ ზედაპირულ გავლენას ახდენს. ტემპერატურის რყევადობის ამპლიტუდა ჰქრება თაღის სისქის მიხედვით, რომლის ცვრის ფაზა აღწევს 3 თვემდე.  $\delta \ll 3$  მ თაღების ნაქრების შევსება მიზანშეწონილია მოვახდინოთ შესაძლო დაბალ დადებითი ტემპერატურის დროს.  $\delta \gg 12$  მ სასურველია შევსება მიეუახლოვოთ საშუალო წლიურ ტემპერატურას. ნავიეს ჰიპოთეზის ცდომილება სქელი თაღებისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია. ზემომოყვანილი დასკვნები მოითხოვენ კონკრეტიზირებას, რომლებიც დამოკიდებულია ტემპერატურულ რეჟიმსა და ფიზიკურ კონსტანტებზე.

ვისარგებლოთ ო. ონიაშვილის [5] ვარიაციული მეთოდით, რომელიც ეყრდნობა ვირტუალური ძაბვებისა და ვადაადგილებების პრინციპებს და საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ კაშხალ-გარსის ტემპერატურული ძაბვები ეილერ-ლაგრანჟის შუალედი განტოლების შედგენის გარეშე. ეს მეთოდი,

რომელიც გამოისახება (7) განტოლებებით. წარმოადგენს ბ. გალიორკინ-  
ვ. ვლასოვის ცნობილი ვარიაციული მეთოდების განვითარებას.



ნახ 1

$$\iint_S \left\{ \frac{1}{E\delta} \nabla^4 \varphi_{mn} - \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( k_2 \frac{\partial W_{mn}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial \beta} \left( k_1 \frac{\partial W_{mn}}{\partial \beta} \right) \right] + \right. \\ \left. + \alpha \nabla^2 \Delta t + (k_1 + k_2) \frac{\alpha \Delta T}{\delta} \right\} \delta \varphi_{ik} dx d\beta = 0, \quad (7)$$

$$\iint_S \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( k_2 \frac{\partial \varphi_{mn}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial \beta} \left( k_1 \frac{\partial \varphi_{mn}}{\partial \beta} \right) + D \nabla^4 W_{mn} \right] \delta W_{ik} dx d\beta = 0.$$

(7) განტოლებათა აღნიშვნები მიღებულია [5, 6] შრომების მიხედ-  
ვით.

დავუშვათ, რომ თაღოვანი კაშხალი განიხილება როგორც სამგანზომი-  
ლებიანი ტანი. როგორც ცნობილია ([7], § 58), ასეთ შემთხვევაში ელემენ-  
ტარული მრუდწრიული პარალელოპიპედის წონასწორობის პირობები ნების-  
მიერი ტრიორტოგონალური მრუდწრიული  $\alpha, \beta, \gamma$  კოორდინატების სი-  
სტემის მიმართ წარმოდგენილია დაბვათა კომპონენტებში შემდეგი ფორ-  
მით:

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} (h_1^{-1} h_2^{-1} \sigma_{2\alpha}) + \frac{\partial}{\partial \beta} (h_1^{-1} h_2^{-1} \sigma_{2\beta}) + \frac{\partial}{\partial \gamma} (h_1^{-1} h_2^{-1} \sigma_{2\gamma}) - \sigma_{\beta\beta} h_2^{-1} \frac{\partial h_2^{-1}}{\partial \alpha} - \\ - \sigma_{\gamma\gamma} h_2^{-1} \frac{\partial h_2^{-1}}{\partial \alpha} + \sigma_{2\beta} h_2^{-1} \frac{\partial h_1^{-1}}{\partial \beta} + \sigma_{2\gamma} h_2^{-1} \frac{\partial h_1^{-1}}{\partial \gamma} + h_1^{-1} h_2^{-1} h_3^{-1} p_\alpha = 0, \quad (8)$$

სადაც  $h_1 = h_1(\alpha, \beta, \gamma)$ ,  $h_2 = h_2(\alpha, \beta, \gamma)$ ,  $h_3 = h_3(\alpha, \beta, \gamma)$  პირველი რიგის  
დიფერენციალური პარამეტრებია,  $p_\alpha$  — მოცულობითი ძალების კომპონენტი.  
წონასწორობის დანარჩენი ორი განტოლება მიიღება (8) განტოლებიდან კო-  
ორდინატებისა და ინდექსების ციკლიური გადადგმით.



თუ უგულვებელყოფთ გადაადგილებას მთავარი ვექტორის  $u, v, w$  კვადრატებითა და წარმოებულებით, მაშინ დეფორმაციის ექვსი დამოუკიდებელი კომპონენტებისათვის გვექნება ([7], § 20)

$$\begin{aligned}
 l_{\alpha\alpha} &= h_1 \frac{\partial u}{\partial z} + h_1 h_2 v \frac{\partial h_1^{-1}}{\partial \beta} + h_1 h_3 w \frac{\partial h_1^{-1}}{\partial \gamma} + \alpha T, \\
 l_{\beta\beta} &= h_2 \frac{\partial v}{\partial \beta} + h_2 h_3 w \frac{\partial h_2^{-1}}{\partial \gamma} + h_1 h_2 u \frac{\partial h_2^{-1}}{\partial z} + \alpha T, \\
 l_{\gamma\gamma} &= h_3 \frac{\partial w}{\partial \gamma} + h_1 h_3 u \frac{\partial h_3^{-1}}{\partial z} + h_2 h_3 v \frac{\partial h_3^{-1}}{\partial \beta} + \alpha T, \\
 l_{\alpha\beta} &= \frac{h_1}{h_2} \frac{\partial}{\partial z} (h_2 v) + \frac{h_2}{h_1} \frac{\partial}{\partial \beta} (h_1 u), \\
 l_{\beta\gamma} &= \frac{h_2}{h_3} \frac{\partial}{\partial \beta} (h_3 w) + \frac{h_3}{h_2} \frac{\partial}{\partial \gamma} (h_2 v), \\
 l_{\gamma\alpha} &= \frac{h_3}{h_1} \frac{\partial}{\partial \gamma} (h_1 u) + \frac{h_1}{h_3} \frac{\partial}{\partial z} (h_3 w).
 \end{aligned} \tag{9}$$

ჰუკის განხორციელებული კანონი იზოტროპული და ერთგვაროვანი დრეკადი ტანისათვის ორთოგონალურ კოორდინატთა ნებისმიერ სისტემაში დებულბს სახეს

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\alpha\alpha} &= \lambda \Delta + 2 \mu \epsilon_{\alpha\alpha} - \alpha ET, & \sigma_{\beta\beta} &= \mu \epsilon_{\alpha\beta}, \\
 \sigma_{\beta\beta} &= \lambda \Delta + 2 \mu \epsilon_{\beta\beta} - \alpha ET, & \sigma_{\gamma\gamma} &= \mu \epsilon_{\beta\gamma}, \\
 \sigma_{\gamma\gamma} &= \lambda \Delta + 2 \mu \epsilon_{\gamma\gamma} - \alpha ET, & \sigma_{\gamma\alpha} &= \mu \epsilon_{\gamma\alpha},
 \end{aligned} \tag{10}$$

სადაც  $\lambda$  და  $\mu$  ლამეს „მუდმივებია“,

$$E = 2 \mu + 3 \lambda.$$

(9) შესაბამისად  $\Delta$ -თვის მცირე დეფორმაციის შემთხვევაში, გვექნება

$$\begin{aligned}
 \Delta \approx l_{\alpha\alpha} + l_{\beta\beta} + l_{\gamma\gamma} - 3 \alpha T &= h_1 h_2 h_3 \left[ \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{u}{h_2 h_3} \right) + \frac{\partial}{\partial \beta} \left( \frac{v}{h_1 h_3} \right) + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial}{\partial \gamma} \left( \frac{w}{h_1 h_2} \right) \right].
 \end{aligned} \tag{11}$$

თუ მივმართავთ  $\alpha, \beta, \gamma$  კოორდინატთა წირებს შესაბამისად კაშხალის სიმაღლის, სიგანისა და სისქის მიხედვით, სასაზღვრო პირობებისათვის მივიღებთ ბიფებზე

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\alpha\alpha} l + \sigma_{\alpha\beta} m + \sigma_{\alpha\gamma} n &= 0, \\
 \sigma_{\beta\alpha} l + \sigma_{\beta\beta} m + \sigma_{\beta\gamma} n &= 0, \\
 \sigma_{\gamma\alpha} l + \sigma_{\gamma\beta} m + \sigma_{\gamma\gamma} n &= 0,
 \end{aligned} \tag{12}$$

სადაც  $l, m, n$  მიმართველი კოსინუსებია. კაშხალის თხემზე  $\sigma_{\alpha\alpha} = \sigma_{\beta\beta} = \sigma_{\gamma\gamma} = 0$ .

აბსოლუტურად ხისი კლდისათვის, როცა  $\frac{E_3}{E_1} = 0$ , დახრილ ნაპირებზე და კაშხალისა და ფუნდამენტის შეუღლების სიბრტყეში

$$u = v = w = \frac{\partial w}{\partial \theta} = 0,$$

სადაც  $u$  ნებისმიერი მიზართულებათა.

(9) განტოლებებში, თუ შევცვლით დამოუკიდებელ ცვლადებს  $\alpha$ ,  $\beta$  უგან-ზომილებო კოორდინატებით  $\psi$ ,  $\theta$  და აღენიშნავთ სიმრუდის რადიუსებს შესა-ბამისად  $\chi = \chi(\psi, \gamma)$ ,  $\eta = \eta(\psi, \gamma)$ , ორმაგი ცვლადი სიმრუდის კანონი-გარსისათვის გვექნება

$$\begin{aligned} l_{\psi\psi} &= \frac{1}{\chi} \left( \frac{\partial u}{\partial \psi} + \frac{v}{\eta} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + w \right) + \alpha T, \\ l_{\gamma\gamma} &= \frac{\partial w}{\partial \gamma} + \alpha T, \\ l_{\psi\gamma} &= \frac{\partial v}{\partial \gamma} + \frac{1}{\eta} \frac{\partial w}{\partial \theta} - \frac{v}{\eta}, \\ l_{\psi\theta} &= \frac{1}{\eta} \left( \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{u}{\chi} \frac{\partial \eta}{\partial \psi} + w \right) + \alpha T, \\ l_{\psi\theta} &= \frac{1}{\eta} \frac{\partial u}{\partial \theta} - \frac{u}{\eta\chi} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \frac{1}{\chi} \frac{\partial v}{\partial \psi} - \frac{v}{\eta\chi} \frac{\partial \eta}{\partial \psi}, \\ l_{\gamma\psi} &= \frac{1}{\chi} \frac{\partial w}{\partial \psi} + \frac{\partial u}{\partial \gamma} - \frac{u}{\chi}. \end{aligned} \quad (13)$$

შესაბამისად (11)-სა,

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{u}{\chi\eta} \frac{\partial \eta}{\partial \psi} + \frac{1}{\chi} \frac{\partial u}{\partial \psi} + \frac{v}{\chi\eta} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \frac{1}{\eta} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \\ &+ w \left( \frac{1}{\chi} + \frac{1}{\eta} \right) + \frac{\partial w}{\partial \gamma}. \end{aligned} \quad (14)$$

თუ (13) და (14) ჩავსვავთ (10)-ში, ცაბვების კომპონენტებისათვის მი-ვიღებთ

$$\begin{aligned} \sigma_{\psi\psi} &= \lambda \left\{ \frac{1}{\chi} \left[ \frac{u}{\eta} \frac{\partial \eta}{\partial \psi} + \left( 1 + \frac{2\mu}{\lambda} \right) \left( \frac{\partial u}{\partial \psi} + \frac{v}{\eta} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \right) \right] + \right. \\ &+ \frac{1}{\eta} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{\partial w}{\partial \gamma} + w \left[ \left( \frac{1}{\chi} + \frac{1}{\eta} \right) + \frac{2\mu}{\lambda\chi} \right] \left. \right\} - \alpha \bar{E} T, \\ \sigma_{\psi\theta} &= \lambda \left\{ \frac{1}{\eta} \left[ \frac{v}{\chi} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \left( 1 + \frac{2\mu}{\lambda} \right) \left( \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{u}{\chi} \frac{\partial \eta}{\partial \psi} \right) \right] + \right. \\ &+ \frac{1}{\chi} \frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{\partial w}{\partial \gamma} + w \left[ \left( \frac{1}{\chi} + \frac{1}{\eta} \right) + \frac{2\mu}{\lambda\eta} \right] \left. \right\} - \alpha \bar{E} T, \\ \sigma_{\gamma\gamma} &= \lambda \left[ \frac{1}{\chi} \left( \frac{u}{\eta} \frac{\partial \eta}{\partial \psi} + \frac{\partial u}{\partial \psi} \right) + \frac{1}{\eta} \left( \frac{v}{\chi} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial \theta} \right) + \right. \\ &+ w \left( \frac{1}{\chi} + \frac{1}{\eta} \right) + \frac{\partial w}{\partial \gamma} \left( 1 + \frac{2\mu}{\lambda} \right) \left. \right] - \alpha \bar{E} T, \\ \sigma_{\psi\theta} &= \mu \left( \frac{1}{\eta} \frac{\partial u}{\partial \theta} - \frac{u}{\eta\chi} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \frac{1}{\chi} \frac{\partial v}{\partial \psi} - \frac{v}{\eta\chi} \frac{\partial \eta}{\partial \psi} \right), \end{aligned} \quad (15)$$

$$\sigma_{61} = \mu \left( \frac{\partial v}{\partial \gamma} - \frac{v}{\eta} + \frac{1}{\eta} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right),$$

$$\sigma_{74} = \mu \left( \frac{1}{\chi} \frac{\partial w}{\partial \phi} - \frac{w}{\chi} + \frac{\partial u}{\partial \gamma} \right).$$

გამოვრიცხვით (8)-დან (15)-ის საშუალებით დაბვის კომპონენტების მნიშვნელობანი, მივიღებთ შემდეგ ჩირითად განტოლებას ორმაგი სიმრუდის ცვალებადი სისტემის თალოვანი კაშხალის ტემპერატურის ცვალებადობაზე საანგარიშოდ:

$$\begin{aligned} & \lambda \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \left\{ \frac{1}{\chi} \left[ \frac{u}{\eta} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} + \left( 1 + \frac{2\mu}{\lambda} \right) \left( \frac{\partial u}{\partial \phi} + \frac{v}{\eta} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \right) \right] + \frac{1}{\eta} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \right. \\ & + \frac{\partial w}{\partial \gamma} + w \left[ \left( \frac{1}{\chi} + \frac{1}{\eta} \right) + \frac{2\mu}{\lambda \chi} \right] + \eta \chi \left\{ \frac{1}{\chi} \left[ \frac{1}{\eta^2} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \left( \eta \frac{\partial u}{\partial \phi} - \right. \right. \right. \\ & - u \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \left. \right) + \frac{u}{\eta} \frac{\partial^2 \eta}{\partial \phi^2} + \left( 1 + \frac{2\mu}{\lambda} \right) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial \phi^2} + \frac{1}{\eta} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \frac{\partial v}{\partial \phi} - \right. \\ & - \frac{v}{\eta^2} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} + \frac{v}{\eta} \frac{\partial^2 \chi}{\partial \theta^2} \left. \right) \left. \right\} + \frac{1}{\eta} \frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} - \frac{1}{\eta} \frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} - \frac{1}{\eta^2} \frac{\partial v}{\partial \theta} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} + \\ & + \frac{\partial^2 w}{\partial \phi \partial \gamma} + \frac{1}{\chi} \frac{\partial w}{\partial \phi} + \frac{1}{\eta} \frac{\partial w}{\partial \phi} - \frac{w}{\eta^2} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \left. \right\} + 2\mu \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \left( \frac{1}{\eta} \frac{\partial u}{\partial \theta} - \right. \\ & - \frac{u}{\eta \chi} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \frac{1}{\chi} \frac{\partial v}{\partial \phi} - \frac{v}{\eta \chi} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \left. \right) + \chi \mu \left[ \frac{1}{\eta} \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} - \frac{1}{\eta \chi^2} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \right. \\ & \times \left( \chi \frac{\partial u}{\partial \theta} - u \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \right) - \frac{u}{\chi \eta} \frac{\partial^2 \chi}{\partial \theta^2} - \frac{1}{\chi^2} \frac{\partial v}{\partial \phi} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \frac{1}{\chi} \frac{\partial^2 v}{\partial \phi \partial \theta} - \\ & - \frac{1}{\eta \chi} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \left( \chi \frac{\partial v}{\partial \theta} - v \frac{\partial \chi}{\partial \theta} \right) - \frac{v}{\chi \eta} \frac{\partial^2 \eta}{\partial \phi \partial \theta} \left. \right] + \left( \frac{1}{\chi} \frac{\partial w}{\partial \phi} + \right. \\ & + \frac{\partial u}{\partial \gamma} - \frac{u}{\chi} \left. \right) (\eta + \chi) \mu + \eta \chi \mu \left( \frac{1}{\chi} \frac{\partial^2 w}{\partial \phi \partial \gamma} - \frac{1}{\chi^2} \frac{\partial w}{\partial \phi} \frac{\partial \chi}{\partial \gamma} + \right. \\ & + \frac{\partial^2 u}{\partial \gamma^2} - \frac{1}{\chi} \frac{\partial u}{\partial \gamma} + \frac{u}{\chi^2} \frac{\partial \chi}{\partial \gamma} \left. \right) - \lambda \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \left\{ \frac{1}{\eta} \left[ \frac{v}{\chi} \frac{\partial \chi}{\partial \theta} + \right. \right. \\ & + \left( 1 + \frac{2\mu}{\lambda} \right) \left( \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{u}{\chi} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \right) \left. \right] + \frac{1}{\chi} \frac{\partial u}{\partial \phi} + \frac{\partial w}{\partial \gamma} + \\ & + w \left[ \left( \frac{1}{\chi} + \frac{1}{\eta} \right) + \frac{2\mu}{\eta \lambda} \right] \left. \right\} + \eta \mu \left( \frac{1}{\chi} \frac{\partial w}{\partial \phi} + \right. \\ & + \frac{\partial u}{\partial \chi} - \frac{u}{\chi} \left. \right) = \alpha \bar{E} \eta \frac{\partial T}{\partial \phi}. \end{aligned} \tag{16}$$

(16)-ის ანალოგიურად მივიღებთ წონასწორობის ორ დანარჩენ განტოლებას. ცილინდრული, კონუსური და სფერული მოხაზულობის თაღოვანი კაშხალებისათვის (16) განტოლება მარტივდება.

(16) განტოლების მიახლოებითი ინტეგრება მოსახერხებელია ჩატარდეს რიცხვობრივი მეთოდებით. ინგურის კაშხალის, როგორც სამგანზომილებიანი ტანის სიერცული ანგარიში სასრულო-სხვაობების მეთოდით, გვიჩვენებს, რომ მიღებულ ალგებრულ განტოლებათა სისტემა თავსებადია, მაგრამ მის კოეფიციენტებს არ ახასიათებს ურთიერთ შესაბამისობის თვისება. სისტემის სიმეტრიზაცია ზეიდელის იტერაციული მეთოდის გამოყენების მიზნით რთულია, თუ არ მიემართავენ სათვლელ მანქანებს. ცნობილი მეთოდების გამოყენება, რომლებიც პროცესის კრებადობას უზრუნველყოფენ, ასევე რთულია სათვლელი მანქანების გარეშე.

განხილულ შემთხვევაში პრაქტიკული უპირატესობა რელაქსაციის მეთოდს უნდა მიეცეს.

შესრულებული ანგარიში გვიჩვენებს, რომ კაშხალის სისქის შემცირებით ტემპერატურული დაბევები მნიშვნელოვნად მცირდება, ამასთან, ჰიდროსტატიკური დატვირთვითა და ტემპერატურით გამოწვეული ჯამური დაბევები შეუღლებული სისქეთათვის თითქმის უცვლელი რჩება. მოვიგონოთ, რომ ზაჰესის პირველი რიგის მშენებლობის თაღები ორჯერ უფრო სქელია, ვიდრე მეორე რიგისა, მიუხედავად ამისა, ისინი ორივე წარმატებით იმყოფებიან ექსპლუატაციაში.

დრეკადობის თეორიის საფუძველზე შესაძლებელია საანგარიშო განტოლებების მიღება საფუძვლის დამყოლობის გათვალისწინებით ფოგტის მიახლოებითი მეთოდის გამოყენებით.

თუ მრუდწიროვანი კოორდინატებიდან დეკარტის კოორდინატებზე გადავალთ (8, 9 და 16) განტოლებებიდან შესაბამისად ნაივს, კოზისა და დიუჰამელ-ნეიმანის ცნობილ განტოლებებს მივიღებთ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 გამოთვლითი ცენტრი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.5.1961)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. А. Гельфер. Причины и формы разрушения гидротехнических сооружений. М.—Л., 1935.
2. К. С. Завриев. Массивные своды из легкого бетона. Москва, 1948.
3. А. Сукки и М. Дерраи. Термические вопросы возникающие при сооружении плотин водохранилищ. Перевод с французского. Париж, 1956.
4. П. В. Щусев. Новый метод расчета температурных колебаний в каменных и железобетонных конструкциях. Москва, 1926.
5. О. Д. Онияшвили. Некоторые динамические задачи теории оболочек. М., 1957.
6. В. З. Власов. Известия АН СССР, ОТН, № 9, 1950.
7. А. Ляв. Математическая теория упругости. Перевод с английского. 1935.

მეტალურგია

ფ. თაბაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)  
თ. ლაშვი, მ. ცხიტიშვილი

პრომბანგანუმაჟოტიანი აუსტანიტური ფოლადების  
კოროზიამდებობა ზოგიერთ ორბანულ ხსნარში

სახალხო მეურნეობის ტექნიკური ფონდის ლითონთა კოროზიით გამოწვეულმა საგრძნობმა ზარალმა განაპირობა კოროზიამდებვი, განსაკუთრებით არადეფიციტური კოროზიამდებვი შენადნობების გამომუშავების განვითარების აუცილებლობა [1,2].

კვებისა და ფარმაცევტული მრეწველობის მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული მასალებისადმი მკაცრად გაზრდილი სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნები კიდევ უფრო აწინააღმდეგებდა და ამავე დროს საინტერესოს ხდიან კოროზიამდებვი შენადნობების გამომუშავების საკითხს [3].

იმის გამო, რომ პროდუქციის მიღებისა და ვადამუშავების პროცესში განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს კოროზიით გაპირობებული პროდუქციის სისუფთავის ხარისხი და არა კოროზიის მიზეზით გამოწვეული ლითონების დანაკარგის რაოდენობა, კვების მრეწველობის მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული შენადნობები დღეისათვის მწვავე დეფიციტური ხასიათისაა [4].

ზოგიერთი შედგენილობის ორგანულ ხსნარებში მომუშავე ნიკელის შემცველი ფოლადებისა და ფერადი ლითონებისაგან დამზადებული კოროზიამდებვი დეტალების ნაკლებდეფიციტური აზოტის შემცველი პრომბანგანუმიანი შენადნობებით შეცვლის შესაძლებლობის შესწავლას ისახავდა მიზნად ჩვენ მიერ ჩატარებული სამუშაო, რომლის ერთ ნაწილს წინამდებარე სტატია წარმოადგენს. ცდები ჩატარდა კვების მრეწველობაში ყველაზე უფრო აგრესიულ ღვინის, ჩაისა და კონსერვის წარმოებაში გამოყენებული ხუთი ტიპის ტექნოლოგიური შედგენილობის ორგანულ ხსნარებზე (ცხრილი 1).

1 ცხრილში ვ-1 ხსნარი გჟუთენის მშრალი ტიპის ღვინოების კლასს, ვ-2 — დასპირტული ტიპისა და ვ-3 — ტკბილი ღვინოების კლასს. ხსნარი კ-1 შეესაბამება საკონსერვო წარმოებაში არსებული ხსნარების ტიპს, ხოლო ხსნარი ჩ-1 — ჩაის ვადამუშავების დროს არსებული ჩაის წვენი შედგენილობას.

გამოიკადა ქრომის მხრივ ორი შედგენილობის პრომბანგანუმიანი აუსტენიტური და აუსტენიტურ-კარბიდული სტრუქტურის მქონე აზოტის შემცველი შენადნობები ცვლადი რაოდენობის ნახშირბადის შეცვლობისას. ზოგიერთ ტიპობრივი შედგენილობის შენადნობების ქიმიური ანალიზი მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ტექნოლოგიური ხსნარების ქიმიური შედგენილობა და ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებელი

ხსნარების დასახელება	ცხრილი 1																				
	ლვინის მცევა, %	ლიმონის მცევა, %	ვაშლის მცევა, %	სალიციის მცევა, %	ქაანჭველმცევა, მლ/ლ	ძირისმცევა, მლ/ლ	ეთილის სპირტი, %	მეთილის სპირტი, %	გლიცერინი, მლ/ლ	ტანიმი, გრ/ლ	გლუკოზა, %	მეტაუნჯევა, %	მალონის მცევა, %	სუფურის მარილი, %	აზოტი, %	კოფეინი, %	სახაროზა, %	სახამებელი, %	დექსტრინი, %	საერთო ტიტრული მცევა, %	აქტიური მცევა, pH
მ-1	3	1	0,5	0,3	0,5	1,5	12	0,6	18	0,3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1,22	1,80
მ-2	3	1	0,5	0,3	0,5	1,5	20	0,6	18	0,3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1,23	2,00
მ-3	3	1	0,5	0,3	0,5	1,5	12	0,6	18	0,3	25	—	—	—	—	—	—	—	—	1,11	1,85
მ-4	3	1	0,5	—	—	2	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	0,81
მ-5	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	8,7	0,5	2	1	1	0,18	2,6	—

გამოცდილი შენადნობების ქიმიური შედგენილობა

შენადნობის დასახელება	ელემენტების შედგენილობა %-ით								
	Cr	Mn	C	Si	N	W	Nb	P	S
შენადნობი № 5	14,88	14,70	0,06	0,60	0,30	—	0,51	0,052	0,012
შენადნობი № 1	14,60	14,75	0,40	0,81	0,26	—	—	0,06	0,02
შენადნობი № 6	15,31	14,71	0,40	0,72	0,38	0,45	0,41	0,052	0,013
შენადნობი № 3	12,57	10,91	0,49	1,34	0,10	—	—	0,058	0,016
შენადნობი № 2	29,60	11,25	0,83	0,95	0,15	0,45	—	0,055	0,014

ყურადღებას იქცევს ორგანულ მჟავებში ლითონების კოროზიასთან ბრძოლის განსაკუთრებული თავისებურება და სირთულე. ცნობილია, რომ ის ძირითადი ნაწილი ორგანული მჟავებისა, რომლებიც კვების პროდუქტებში შედიან, კოროზიულად აქტიურ სითხეებს წარმოადგენენ და ლითონების ინტენსიურ დაშლას განსაზღვრული კონცენტრაციის დროს იწვევენ, ამ მხრივ აღსანიშნავია წყალში ხსნადი ორგანული მჟავები, რომლებიც ლითონების ელექტროქიმიურ კოროზიას ავითარებენ. ამ გარემოებას ისიც აართულებს, რომ ორგანული მჟავებისა და ნივთიერებათა დიდი ნაწილი ლითონებთან ურთიერთქმედებისას უხსნად ნაერთებს როდი ქმნიან და არ უზარუნველყოფენ შემდგომ ზედაპირების დაცვას კოროზიისაგან, რითაც ჩვეულებრივი მინერალური მჟავები ხასიათდება [5].

კოროზიის პროცესს ართულებს ის ფაქტიც, რომ ორგანული სინთეზისა და ტექნოლოგიის პროცესში ერთდროულად რამდენიმე რეაქცია მიმდინარეობს, რის გამოც წარმოიქმნება მრავალი თანააროდუქტი, რომელთა არსებობა ხშირად იწვევს კოროზიის პროცესის დაჩქარებას, რაც, თავის მხრივ, კვების პროდუქტების უვარგისობას იწვევს, ხშირად მილიგრამობით არსებობის დროსაც კი.

ასევე იქნა მიღებული მხედველობაში კვების პროდუქტებში ლითონთა კოროზიის შესწავლის მეთოდების თავისებურებანიც, რომლებიდანაც ყურად-

ლებას იქცევა პროდუქტების ორგანოლექტურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე ლითონთა კოროზიის შედეგების გავლენის დადგენა.

შენადნობების კოროზიამედეგობა ისწავლებოდა წონითი მეთოდით; ვიდრე ზოგიერთ ელექტროქიმიურ მახასიათებელს, ისაზღვრებოდა გამოყოფილი წყალბადის რაოდენობა და ტარდებოდა კოროზიის პროდუქტების როგორც ქიმიური, ისე სპექტრალური ანალიზი (ცხრილები 3,4,5,6,7,8).

ცხრილი 3

3-1 ტექნოლოგიურ ხსნარში კოროზიული გამოცდის შედეგები (მშრალი ღვინოების ტიპი)

შენადნობების დასახელება	ხსნარის მუდმივი არევისას				უპაეროდ გამოცდისას			
	წონითი მანკელებული გრ/ცპ.	კოროზიის სიღრმის მანკელებული მმ/წელიწ.	კოროზიით დაშლის ხასიათი	კოროზიის მედეგადობის ბალი	წონითი მანკე/მწ.	კოროზ. სიღრ. მანკე/წელიწ.	კოროზიით დაშლის ხასიათი	კოროზიის მედეგადობის ბალი
შენადნობი № 1	0,026	0,028	თანაბარი კოროზია	4	0,020	0,022	თანაბარი კოროზია	4
შენადნობი № 2	0,00008	0,000088	"	1	0,00010	0,00011	"	1
შენადნობი № 3	0,021	0,024	"	4	0,024	0,026	"	4
შენადნობი № 5	0,0028	0,0029	"	2	0,00006	0,000066	"	1
შენადნობი № 6	0,0057	0,0065	"	3	0,00	0,00	"	1

ცხრილი 4

3-2 ტექნოლოგიურ ხსნარში კოროზიული გამოცდის შედეგები (დასაბრტული ღვინოების ტიპი)

შენადნობის დასახელება	ხსნარის მუდმივი არევისას				უპაეროდ გამოცდისას			
	წონითი მანკელებული გრ/ცპ.	კოროზიის სიღრმის მანკელებული მმ/წ.	კოროზიით დაშლის ხასიათი	კოროზ. მედეგადობის ბალი	წონითი მანკე - გრ/ცპ.	კოროზ. სიღრ. მანკე/წელიწ.	კოროზიით დაშლის ხასიათი	კოროზიის მედეგადობის ბალი
შენადნობი № 3	0,0048	0,0053	თანაბარი	3	0,014	0,015	თანაბარი	6
შენადნობი № 2	0,000071	0,000078	კოროზია	1	0	0	კოროზია	1

3-3 ტექნოლოგიურ ხსნარში (შაქრიანი ღვინოები)

შენადნობი № 3	0,00085	0,00090	თანაბარი კოროზია	1	—	—	—	—
შენადნობი № 2	0,00033	0,00036	"	1	—	—	—	—

წონითი დანაკარგების მიხედვით ყველა აღნიშნულ ხსნარში კარგ მაჩვენებლებს ამჟღავნებს როგორც აუსტენიტური (შენად. 5 და 6), ისე ნახშირ-



ბადის შემცველი აუსტენიტურ-კარბიდული სტრუქტურის მქონე შენადნობები (შენად. 1, 3), განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს ქრომის დიდი რაოდენობით შემცველი ფერიტულ-კარბიდული სტრუქტურის მქონე (სურ. 1) № 2 შენადნობის მცირე წონითი დანაკარგი, რომელიც ყველა აღნიშნულ ხსნარში კოროზიამდებობის პირველი ბალით ხასიათდება. საკონსერვო წარმოების ტექნოლოგიურ ხსნარ კ-1-ში კი შენადნობი მდგრადობის მე-4 ბალს იღებს.

ცხრილი 5

კ-1 ტექნოლოგიურ ხსნარში კოროზიული გამოცდის შედეგები (საკონსერვოს არე)

შენადნობების დასახელება	ხსნარის მუდმივი არევისას				უჩაეროდ გამოცდისას			
	წონითი მაჩვენებელი გრ/მს.	კოროზიის სიღრმის მაჩვენებელი მმ/წელიწ.	კოროზიით დაშლის ხასიათი	კოროზიის მდგრადობის ბალი	წონითი მაჩვენებელი გრ/მს.	კოროზიის სიღრმის მაჩვენებელი მმ/წ.	კოროზიით დაშლის ხასიათი	კოროზიის მდგრადობის ბალი
შენადნობი № 1	0,037	0,012	ადგილობრივი კოროზია	4	0,088	0,098	მცირე წერტილოვანი კოროზია	4
შენადნობი № 2	0,026	0,028	წერტილოვანი კოროზია	4	0,018	0,019	"	4
შენადნობი № 3	0,037	0,041	"	4	0,0019	0,0020	"	4
შენადნობი № 5	0,0088	0,0097	ადგილობრივი კოროზია	3	0,0046	0,0051	ადგილობ. კოროზია	3
შენადნობი № 6	0,11	0,13	"	6	ნიმუში დაიშალა		"	—

ცხრილი 6

ჩ-1 ტექნოლოგიურ ხსნარში კოროზიული გამოცდის შედეგები (ჩაის წარმოება)

შენადნობების დასახელება	ხსნარის მუდმივი არევისას				უჩაეროდ გამოცდისას			
	წონითი მაჩვენებელი გრ/მს/ათ.	კოროზ. სიღრ. მაჩვენებელი მმ/წ.	კოროზ. დაშლის ხასიათი	კოროზიული მდგრ. ბალი	წონითი მაჩვენებელი გრ/მს/ათი	კოროზ. სიღრ. მაჩვენებელი მმ/წელიწ.	კოროზ. დაშლის ხასიათი	კოროზ. მდგრ. ბალი
შენადნობი № 1	0,00021	0,00023	თანაბარ კოროზია	1	0,00013	0,00014	თანაბარი კოროზია	1
შენადნობი № 2	0,0002	0,00022	"	1	0,00011	0,00012	"	1
შენადნობი № 3	0,0022	0,0024	"	1	0,0051	0,0056	"	2
შენადნობი № 5	0,00047	0,00052	"	2	0,00001	0,00011	"	1
შენადნობი № 6	0,00016	0,00018	"	1	0,00001	0,00011	"	1



კოროზიის პროდუქტების სპექტრალური ანალიზი

ცხრილი 7

შენადნობების დასახელება	კოროზიის პროდუქტებში გადასული ლითონების რაოდენობა, %					
	Mn	Cr	Fe	Si	W	Nb
ხსნარი ვ-1						
შენადნობი № 1	მეასედი	მეათედი	ბევრი	მეტასედი	—	—
შენადნობი № 2	მეასედი	მეასედი	მეასედი	—	—	—
შენადნობი № 3	"	"	ბევრი	"	—	—
შენადნობი № 5	კვალი	კვალი	კვალი	"	—	—
შენადნობი № 6	"	"	"	"	—	—
ხსნარი ვ-2						
შენადნობი № 1	მეათედი	მეასედი	1 % მეტი	მეასედი	—	—
შენადნობი № 3	"	"	"	"	—	—
ხსნარი ვ-3						
შენადნობი № 1	მეასედი	კვალი	1 % მეტი	—	—	—
შენადნობი № 3	"	მეასედი	"	—	—	—
ხსნარი კ-1						
შენადნობი № 1	მეათედი	მეათედი	ბევრი	კვალი	—	—
შენადნობი № 2	1 %-მდე	მეათედი	ბევრი	კვალი	მეტასედი	—
შენადნობი № 3	მეტასედი	მეტასედი	ბევრი	"	—	—
შენადნობი № 5	1 %-მდე	მეტასედი	1 % მეტი	კვალი	მეტასედი	მეასედი
შენადნობი № 6	მეტასედი	მეტასედი	ბევრი	კვალი	—	მეტასედი

ხსნარების ქიმიური ანალიზი მათში შენადნობების კოროზიული გამოცდის შემდეგ

ცხრილი 8

შენადნობების დასახელება	ხსნარში გადასული ლითონების რაოდენობა გრ/ლიტრში					
	Fe	Mn	Cr	W	Nb	Si
ხსნარი ვ-1						
შენადნობი № 1		0,66	23,3	—	—	—
შენადნობი № 2	3,12	0,15	არ. აღმ.	—	—	—
შენადნობი № 3	0,12	0,15	არ. აღმ.	არ არის	—	—
შენადნობი № 5	4,74	0,56	34,0	—	—	—
შენადნობი № 6	0,17	0,65	კვალი	0,16	არ არის	—
	0,09	0,18	კვალი	0,12	—	—
ხსნარი ვ-2						
შენადნობი № 1	0,1	0,015	არ აღმ.	—	—	—
შენადნობი № 3	0,09	0,022	"	—	—	—
ხსნარი ვ-3						
შენადნობი № 1	0,36	0,095	არ აღმ.	—	—	—
შენადნობი № 3	0,12	0,092	არ აღმ.	—	—	—
ხსნარი კ-1						
შენადნობი № 1		0,99	69,36	—	—	—
შენადნობი № 2	3,54	1,55	285,3	—	—	—
შენადნობი № 3	2,49	0,51	31,32	—	—	—
შენადნობი № 5	4,55	1,75	125,3	—	—	—
შენადნობი № 6	9,40	1,48	96,21	0,55	0,19	47,09
	6,04			0,48	0,18	—
ხსნარი ჩ-1						
შენადნობი № 1	0,31	0,041	არ აღმ.	—	—	—
შენადნობი № 3	0,28	0,025	არ აღმ.	—	—	—

მაღალქრომიანი შენადნობების მიკროსტრუქტურა ლედბურიტულია შენადნობებში მყოფი მალეგირებელი ელემენტების შემცველი ქრომის კარბიდებით. მყარ ხსნარში შესული ქრომის რაოდენობა და ქრომისა და ნახშირბადის რაოდენობათა ფარდობა ნიმუშის ზედაპირზე ქრომის დამცავი ფანგეულების ფენას წარმოქმნის და ელექტროქიმიური პოტენციალის დადებითი პოტენციალის არეში გადაადგილებას იწვევს, რითაც შეიძლება აიხსნას აღნიშნულ ხსნარებში შენადნობების მაღალი კოროზიამედეგობა.



სურ. 1



სურ. 2



სურ. 3



სურ. 4

კოროზიის პროდუქტების სპექტრალური და ხსნარების ქიმიური ანალიზებით დადასტურდა შენადნობებიდან ხსნარებში მცირე რაოდენობით ქრო-

მისა და მანგანუმის გადასვლა (ცხრ. 7 და 8.), რაც დადგინდა კოროზიის პროცესის დროს წყალბადის გამოყოფილი რაოდენობითაც.

მოყვანილ ხსნარებში უკეთესი კოროზიამდედგობით ხასიათდება აუსტენიტური პოლიედრებისაგან შემდგარი აზოტის შემცველი ქრომმანგანუმბოტიანი შენადნობები, ვიდრე ამა თუ იმ ელემენტებით ლეგირების გამო სტრუქტურაში აუსტენიტთან ერთად ჭარბი ფაზის მქონე შენადნობები.

0,30% აზოტის შემცველი ქრომმანგანუმბოტიანი შენადნობი [5], რომლის სტრუქტურის აუსტენიტის მარცვლების საზღვრებზე ჭარბი ნიტრიდული ფაზის გამოჩენის ჩანასახია და რომლებიც მარცვლების საზღვარს წერტილოვან ან წყვეტილხაზოვან აღნაგობას აძლევენ (სურ. 2), უკეთესი კოროზიამდედგობით ხასიათდება, ვიდრე აუსტენიტისა და მის მარცვლებზე გარკვეული ფორმით გამოყოფილი ნიობიუმის NbN ტიპის ნიტრიდებისა და Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> ტიპის კარბიდების სტრუქტურის მქონე შენადნობები, რაც შეიძლება სტრუქტურის მრავალფაზიანობით აიხსნას (სურ. 3).

აუსტენიტურ-კარბიდული ტიპის შენადნობები (შენად. 1, 3 სურ. 4) როგორც მშრალი, ისე დასპირტული და შაქრიანი ღვინის წარმოების ტექნოლოგიურ ხსნარებში, აგრეთვე საკონსერვო წარმოების აგრესიულ კ-1ხსნარებში, ვერ უძლებენ კოროზიულ პროცესებს, მაგრამ საკმაოდ კარგ მაჩვენებლებს იძლევიან ჩაის მრეწველობის ტექნოლოგიურ ხსნარებში.

დასკვნები

1. ქრომმანგანუმბოტიანი შენადნობებში ქრომის რაოდენობის გაზრდა ფეროიტულ-კარბიდული სტრუქტურის წარმოქმნით კოროზიამდედგობას ზრდის როგორც მშრალი, დასპირტული და შაქრიანი ღვინის, ისე ჩაის მრეწველობის ტექნოლოგიურ ხსნარებში, მაგრამ ვერ უზრუნველყ ფს ამ თვისებას საკონსერვო წარმოებისათვის.
2. კარგი მაჩვენებლებით ხასიათდება აუსტენიტური სტრუქტურის მქონე შენადნობები მშრალი, დასპირტული და შაქრიანი ღვინის წარმოებისა და ჩაის წარმოების ტექნოლოგიურ ხსნარებში. მათ აღნიშნულ თვისებებს აუარესებს ლეგირების ნარჯზე (ნახშირბადით) ჭარბი ფაზების გამოყოფა და სტრუქტურის ფაზიანობის გაზრდა.
3. ჩაის წარმოებაში გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა აგრეთვე ქრომმანგანუმბოტიანი (არალეგირებული) აუსტენიტურ-კარბიდული სტრუქტურის მქონე შენადნობები, რომლებიც დაბალი შედეგობით ხასიათდება როგორც ღვინის, ისე კონსერვების წარმოების ტექნიკურ ხსნარებში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 მეტალურგიის ინსტიტუტი

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. Д. Томашов. Теория коррозии и защиты металлов. Изд. АН СССР, 1959.
2. И. Л. Розенфельд. Атмосферная коррозия металлов. Изд. АН СССР, 1960.
3. R. Dubrisay. Les problèmes de resistance à la corrosion dans les industries alimentaires et les alliges de nickel. Mécanic, № 2, 1954.
4. K. D. Bergner. Fragen der Metallkorrosion in der Lebensmittelchemie. Dtsch. Lebensmitt—Ruudschau, 52, № 1, 1956, 17—24.
5. Г. В. Акимов. Основы учения о коррозии и защите металлов. Metallurgizdat, 1946.



სოკო *SEPTOTINIA POPULIPERDA* WATERMAN AND CASH, როგორც ტირიფის ფოთლებისა და ყლორტების ავადმყოფობის გამომწვევი

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ლ. ყანაველმა 14.3.1961)

მხარაძის სატყეო მეურნეობის ლანჩხუთის სატყეოს სამმეტყობიანი ტირიფის—*Salix triandra* L., (*S. amygdalina* L.) პლანტაციაში 1959 წ. შეენიშნეთ მასობრივი დაავადება—ფოთლებისა და ყლორტების გამურაფერება და ხმობა. ავადმყოფ ფოთლებზე შეიმჩნეოდა თეთრი მიცელიუმი და სოკოს ნაყოფიანობა გაბნეული ბალიშაკების სახით. ტირიფის ავადმყოფი ფოთლების მიკროსკოპული ანალიზის შედეგად სოკო *Septogloeum*-ის გვარს მივაკუთვნეთ.

გარეგნული ნიშნებით ტირიფის ფოთლების ავადმყოფობა ვერხვის ფოთლების ავადმყოფობის მსგავსია, უკანასკნელი სოკო *Septogloeum populi-perdum* Moesz et Smarods<sup>(1)</sup>-ის მიერაა გამოწვეული [1].

საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ ტირიფის ფოთლების ავადმყოფობა აღნიშნულია ვერხვის ნარგავების მომიჯნე ნაკვეთზე.

ჩვენს წინაშე დაისვა საკითხი ტირიფის ფოთლების ავადმყოფობის გამომწვევი სოკოს სახეობის დადგენის შესახებ, რაც, ჩვენი აზრით, როგორც თეორიულ, ისე პრაქტიკულ ინტერესს მოკლებული არ იყო.

სოკოს მორფოლოგიურ და ბიოლოგიურ თავისებურებათა შესწავლა საქართველოს მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტის ლაბორატორიაში და ლანჩხუთის სატყეოს ტირიფის პლანტაციაში ჩავატარეთ.

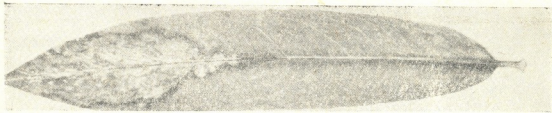
გაზაფხულზე და მთელი ვეგეტაციის განმავლობაში ტირიფის ფოთლებზე წარმოიქმნება მურა ფერის ლაქები, რომელიც სწრაფად იხრდება და დატოტვილი მიცელიუმითა და კონიდიური ნაყოფიანობით იფარება (ნახ. 1). უკანასკნელი მოთეთრო-მონაცრისფრო წვრილი ბალიშაკების სახით უწყსრივოდაა გაბნეული ლაქის ორივე მხარეზე. მოგვიანებით ლაქა ღია ჟანგისფერი ხდება, ფოთლები ხანდახან დეფორმირდება, რასაც დაავადებული და საღი ნაწილის არათანაბარი ზრდა იწვევს (ნახ. 2).

ძლიერ დაავადებული ფოთლები 7—15 დღეში ცვივა. ასეთი მოვლენა ჩვენ მიერ აღნიშნული იყო ორი წლის (1959—1960 წწ) განმავლობაში. ჩამო-

(<sup>1</sup> ვ ა ტ რ მ ა ნ მ ა და კ ა შ მ ა [8] *Septogloeum populi-perdum* Moesz et Smarods-ს შეუცვალეს სახელწოდება და *Septotis populi-perda* (Moesz et Smarods) Waterman and Cash უწოდეს.

ცვენილ ფოთლებზე სოკო განავრძობს ცხოველმყოფელობას, ლაქა იზრდება და საბოლოოდ მოიცავს მთელ ფოთოლს, რაზედაც შემდეგში ოვალური ან მოგრძო (ძარღვების გასწვრივ) ოდნავ ამობურცული შავი სკლეროციუმები ვითარდება. სკლეროციუმების განვითარება აღნიშნული იყო აგრეთვე ხელოვნურად დასენიანებულ ფოთლებზე.

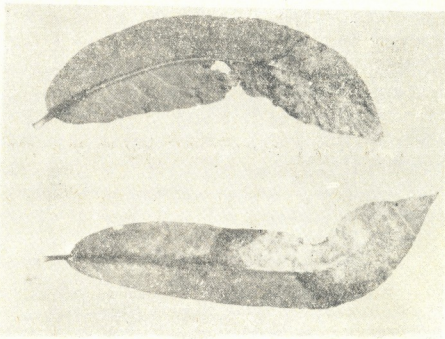
სოკო აზიანებს ტირიფის ყლორტებსაც. ქერქი ინფექციის არეში მუქდება და მასზე მოყავისფრო-მოყვითალო კონცენტრული ზოლები ჩნდება.



ნახ. 1. სოკო *Septotinia popaliperda* Waterman and Cash-ით დაავადებული ტირიფის ფოთოლი

ქერქის გამოქეების და ყლორტების ხმოზის მიზეზი დავადგინეთ წმინდა კულტურაში სოკოს გამოყოფისა და ასკოსპორებით საღი ყლორტების ხელოვნური დასენიანების მეთოდით.

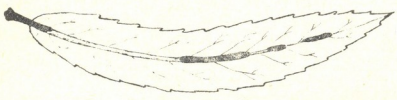
კონიდიური სარეცელი 66,1—224 $\mu$ . დამეტრიისა კონიდიოფორები უფერულია, მარტივი ან დატოტვილი. უტიხრო ან ერთ ტიხრიანი, ცილინდრული, სწორი ან მოხრილი, ზომით: 56 $\times$ 3—6 $\mu$ . კონიდიუმები უფერულია,



ნახ. 2. ტირიფის ფოთლების დეფორმაცია, გამოწვეული სოკო *Septotinia popaliperda* Waterman and Cosh-ით

თითისტარისებრი, ზოგჯერ ცილინდრული, მომრგვალებული ბოლოებით, სწორი ან მოხრილი 1-3 ტიხრით, ხშირად ტიხრთან გადაჭიმული 12,8-28,2x5,1-7,7μ. (ნახ. 6. ა, ბ). ტიხრებთან გადაჭიმვის გამო ხშირად სპორები ცალკეულ უჯრედებად იშლება.

ჩვენ მიერ ნახული სოკოს შედარებისას ლიტერატურაში [1,5] ტირიფზე აღნიშნულ გვარ *Septogloem*-ის ოთხ წარმომადგენელთან აღმოჩნდა, რომ იგი კონიდიუმების ზომით და ტიხრების რიცხვით განსხვავდება *S. maculans* Harkn., *S. salicinum* (Peck.) Sacc., *S. salicis-Eendlerianae* Dearn. et Barth., *S. saliciperdu* All. et Tub.-ისაგან და მსგავსია ვერხვის ფოთლების



ნა. 3. სკლეროციუმები ტირიფის ფოთლებზე

დაავადების გამომწვევს სოკო *S. populi-perdu* Moesz et Smarods-ისა (ცხრილი 1). ამიტომ ტირიფზე ჩვენ მიერ შემჩნეულ სოკოს სახეობის დასადგენად, საჭიროდ ვცანით მიგველო ჩანთიანი სტადიაც. ამ მიზნით ნოტიო კამერებში მოთავსებულ დაავადებულ ტირიფის ფოთლებს ვინახავდით პოლი-თერმოსტატში სხვადასხვა ტემპერატურაზე. სოკოს განვითარებაზე დაკვირვებ-



ნახ. 4. წმინდა კულტურაში სოკო *Septotinia populi-perda*-ს სკლეროციუმებზე განვითარებული აპოტეციუმები



ცხრილი 1

ვერბზე და ტირიფზე მითითებული გვარი *Septogloeum*-ის წარმომადგენლების აღწერა

№№ რიგზე	სოკოების დასახელება	მკვებავი მცენარე	მცენარის დაავადებული ორგანო	კონიდიუმები	
				ფორმა	ზომა
1	<i>Septogloeum maculans</i> Harkn.	ტირიფი	ფოთოლი	თითისტარისებრი, იშვიათად გურზისებრი, მოხრილი ან დაგრებილი	50-57×6-10μ.
2	<i>S. salicinum</i> (Peck.) Saec.	ტირიფი	ფოთოლი	წაგრძელებული, თითქმის თითისტარისებრი, მოხრილი 3 მკრთალი ტიხრით	10-50×3-6μ. უმეტეს შემთხვევაში 45×5μ.
3	<i>S. saliciperdom</i> All. et Tub.	ტირიფი	ფოთოლი ყლორტი	მოგრძო ოვალური, უმეტეს შემთხვევაში სწორი, იშვიათად მოხრილი, მომრგვალებული ბოლოებით, 1-2 ტიხრით. ტიხრთან ძლიერ გადაჭიმული	12-22×7-9μ.
4	<i>S. salicis</i> -Fendlerianae Dearn. et Barth.	ტირიფი	ფოთოლი ყლორტი	მოხრილი, უმეტესად 1-ტიხრიანი	15-50×3.5-6μ. უმეტეს შემთხვევაში 45×5μ.
5	<i>S. populiperdom</i> Moesz et Smarods	ვერბი	ფოთოლი	ფუძესთან მომრგვალებული და წვეროსკენ დაწვრილებული ან ცილინდრული, მომრგვალებული ბოლოებით, სწორი ან მოხრილი 1-3 ტიხრით	15-45×5-7.5μ.
6	<i>Septogloeum</i>	ტირიფი	ფოთოლი ყლორტი	ფუძესთან მომრგვალებული და წვეროსკენ დაწვრილებული ან ცილინდრული, მომრგვალებული ბოლოებით, სწორი ან მოხრილი 1-3 ტიხრით	12,8-28,2×5,1-7,7μ.

A. G. G. O. M.

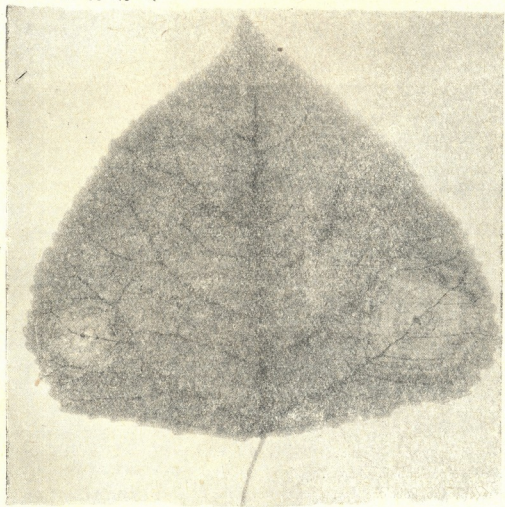


ბებს ყოველდღე ვაწარმოებდით. შეექვსე დღეს 14,0°; 15,5°; 17,0°; 18,0°; 23,0° და 27,0° ტემპერატურაზე, ფოთლების მთავარი ჩარღვების გასწვრივ დაიწყო განვითარება სკლეროციუმებმა (ნახ. 3), რომლებზედაც შემდეგ აპოტეციუმების ჩანასახები წარმოიქმნა. სკლეროციუმებზე აპოტეციუმების ჩანასახების განვითარებას სხვადასხვა ტემპერატურაზე სხვადასხვა დრო დასჭირდა. ასე, მაგალითად: 23,0°-ზე—19 დღე, 19,0°-ზე—23; 13,°-ზე—26; 8,0°-ზე—27. მომწიფებული აპოტეციუმები 24,°0-ზე—39 დღის შემდეგ მივიღეთ.

ერთდროულად აპოტეციუმები წმინდა კულტურებში განვითარებულ სკლეროციუმებიდანაც მივიღეთ (ნახ. 4).

შემდგომი დაკვირვებებით აპოტეციუმები შენიშნულ იქნა ბუნებრივ პირობებში, მიმდინარე წლის ჩამოცვნილ ფოთლებზე და წინა წლის ჩამოცვნილ, გადაზამთრებულ ფოთლებსა და ყლორტებზე, ლანჩხუთის სატყეოს ტირიფის პლანტაციებში.

აპოტეციუმები დისკოსებრია, გლუვი, 5 მმ-მდე დიამეტრის, 1 მმ სისქისა და 10 მმ-მდე სიგრძის ფეხით. აპოტეციუმის შეფერვა ზოგჯერ ღია მურა ფერამდე ცვალბადობს.



ნახ. 5. ვერზის ფოთოლზე ტირიფისა და ვერზის (დაავადებულ ფოთლებიდან აღებული) კონიდიუმებით ხელოვნურად დასენიანების შედეგად განვითარებული ლაქები

ჩანთები ცილინდრულია, ფუძესთან თანდათანობით შევიწროებული ზომით: 145,6—154×8,4μ ერთ რიგად და ირიბად გაწყობილი 8 სპორით; პარაფიზები—ძაფნაირი, მარტივი ან დატოტვილი. ასკოსპორები უფერულია კვერცხისებური ფორმისა, ცალმხრივ გაბრტყელებული ზომით 11,2—14,0×5,6μ. (ნახ. 6 გ, დ, ე).

ზემოაღწერილი ჩანთიანი სოკო, მორფოლოგიური ნიშნებით ვერხვის ფოთლების ავადმყოფობის გამომწვევ სოკო *Septotinia populi-perda* Waterman and Cash-ის მსგავსი აღმოჩნდა.

ჩანთიანი და კონიდიური სტადიის გენეტიკური კავშირის დადგენის მიზნით ასკოსპორების სუსპენზიით ტირიფის ფოთლების ხელოვნური დასენიანება მოვახდინეთ, რის შედეგადაც ფოთლებზე ამ ავადმყოფობისათვის დამახასიათებელი ლაქები და კონიდიური ნაყოფიანობა მივიღეთ. ასკოსპორების



ნახ. 6. სოკო *Septotinia populi-perda* Waterman and Cash-ის კონიდიური, ჩანთიანი და ჰიფალური სტადია: ა—კონიდიური სარეცლის კრილი; ბ—კონიდიუმები; გ—ჩანთა; დ—პარაფიზები; ე—ასკოსპორები; ვ და ზ—ჰიფალური სტადიის კონიდიოფორები და კონიდიუმები

ლუდ-აგარზე (pH-8) გადათესვისას სოკო *Septogloeum populi-perdum*-ის კონიდიური ნაყოფიანობა მივიღეთ (ხელოვნურ საკვებ არეებზე კონიდიური ნაყოფიანობა დღემდე ცნობილი არ იყო [2, 3, 4, 6, 7, 8, 9]).

ტირიფის ფოთლების ავადმყოფობის გამომწვევ სოკოს განვითარების ციკლში გვხვდება აგრეთვე ჰიფალური სტადიაც, რომლის კონიდიოფორები ქვევრისებრი მოყვანილობისაა. კონიდიუმები ძეწკვების სახით წარმოიქმნება, უფერულია, თითქმის მრგვალი, ერთი ცხიმის წვეთით, ზომით: 2,5—2,8×2—2,5μ. ლორწოვან მასაშია მოთავსებული (ნახ. 6 ვ, ზ).

ჩვენს მიერ შესწავლილ სოკოს მორფოლოგიურმა განსხვავებამ ტირიფზე აღნიშნულ გვარ *Septogloeum*-ის სხვა წარმომადგენლებისაგან, და მისი ჩანთი-

ანი სტადიის მსგავსებამ ვერხვის ფოთლების ავადმყოფობის გამომწვევ სოკო *Septotinia populiperda*-სთან, გვაფიქრებინა, რომ ტირიფისა და ვერხვის ფოთლების ავადმყოფობის გამომწვევი ერთი და იგივე ორგანიზმი უნდა ყოფილიყო. ეს ტირიფისა და ვერხვის ჯვარედინი დასენიანების ცდით უნდა დაგვემტკიცებინა, რაც ჩვენ მიერ ჩატარებულ იქნა ლანჩხუთის სატყეოში და საქართველოს მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტის საცდელ ნაკვეთზე.

ინფექციის კერაში—ლანჩხუთის სატყეოში საცდელი მცენარის ბუნებრივი დასენიანების თავიდან ასაცილებლად ტირიფის ფოთლებს იზოლაცია ცელოფანის პარკებით გავუკეთეთ. იზოლირებული ფოთლები 16 დღის შემდეგ ვერხზე განვითარებული სოკო *Septotinia populiperda*-ს სპოროვანი სუსპენზიით დავასენიანეთ. მეექვსე დღეს ფოთოლზე განვითარდა მურა ფერის ლაქა და ზედ სოკო *Septogloeum populiperdum*-ის კონიდიური ნაყოფიანობა.

ცდის მეორე სერიაში ხელოვნური დასენიანებისათვის ტირიფისა და ვერხვის ფოთლებზე განვითარებული კონიდიუმები ავიღეთ. კანადის ვერხვის ფოთლის ფირფიტის ერთ მხარეს, ძარღვზე მიყენებულ ჭრილობაში ტირიფის დაავადებული ფოთლის 2x2 მმ-ის ზომის სეგმენტი შევიტანეთ, მეორე მხარეს კი ვერხვის დაავადებული ფოთლის ამავე ზომის სეგმენტი. დასენიანებული ფოთლები პოლიეთილენის პარკში მოვათავსეთ და ტენის შექმნის მიზნით მცირეოდენი წყალი ჩავასხით (შვენკეს [6] მეთოდი). დასენიანებული ვერხვის ფოთლებზე ერთდროულად განვითარდა სოკო *Septogloeum populiperdum* Moesz et Smarods-ისათვის დამახასიათებელი ლაქები კონიდიური ნაყოფიანობითა და კონცენტრიული შრეებით (ნახ. 5).

ამრიგად, მორფოლოგიურ-ბიოლოგიური ნიშნების შედარების, ასევე ჯვარედინი დასენიანების შედეგად დავადგინეთ, რომ ტირიფისა და ვერხვის ფოთლების ავადმყოფობის გამომწვევია ერთი და იგივე ორგანიზმი—*Septotinia populiperda* Waterman and Cash.

ვინაიდან ვერხესა და ტირიფზე ერთი და იგივე ორგანიზმი გავრცელებული, უნდა ვერიდოთ ამ ორი კულტურის გაშენებას მომიჯნავე ნაკვეთებზე.

მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მიუვლია 14.3.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. И. Васильевский и Б. П. Карахулин. Паразитные несовершенные грибы, часть II. Меланкониальные. М.—Л., 1950.
2. G. Ende. En bladvlekkenziekte voorkomend op de populieren, veroorzaakt door *Septotinia populiperda* Waterman et Cahs., T. Plantenziekten, 58, 1952.
3. G. Ende. Het parasitaire karakter van *Septotinia populiperda*. Tijdschr. plantenziekten, 60, № 6, 1954.
4. H. Johannes. Ein Pappelsterben, herforgerufen durch den Pilz *Septogloeum populiperdum* sp. n.—NachrBl. dtsh. PflSchDienst (Rraunschw.), 25, 1950.

5. P. A. Saccardo. Sylloge Fungorum, vol. XIV, 1899.
6. H. Y. Schwenke. Untersuchungen über den Parasitismus von *Septotis populiperda* Waterman et Cash. Phytopath. Z. 38, 1960.
7. J. Vörös. A. *Septogloeum populiperdum* Johannes-ról. Bot. Köz. 47, 3-4, 1956.
8. A. Wettermen, E. Cach. Leaf blotch of poplar caused by a new species of *Septotinia*. Mycologia, 42, 3, 1950.
9. H. H. Whetzel. *Septotinia*, a new genus of the Ciborioideae. Mycologia, 29, 1937.

ანატომია.

დ. ნაკაშიძე

 ძვლოვანი ცისტები და მათი კავშირი  
 ოსტეობლასტოკლასტომებთან

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ტატიშვილმა 9.12.1961)

ძვლოვანი ცისტა წარმოადგენს ღრუს ძვალში, რომელიც წარმოიშობა რაიმე პათოლოგიური პროცესის შედეგად; უფრო ხშირად იგი შედეგია სიმსივნისა—ოსტეობლასტოკლასტომისა, იშვიათად კი (ერთეულ შემთხვევებში) ტრავმის, ანთების ან დისტროფული პროცესისა. ამის შესაბამისად ეტიოპათოგენური თვალსაზრისით, ძვლოვანი ცისტა შეიძლება იყოს ოსტეობლასტოკლასტომური, ანთებადი, დისტროფული და ტრავმული.

ფიქრობთ, რომ სისწორესაა მოკლებული იმ ავტორთა მოსაზრებანი, რომლებიც ცალმხრივად აშუქებენ ძვლოვანი ცისტების წარმოქმნის საკითხს. ზეკლევართა ერთი ჯგუფი [1,2] მას თვლის როგორც ტრავმული სისხლჩაქცევის შედეგს, მეორე ჯგუფი [3] როგორც დისტროფიის შედეგს, მესამე ჯგუფი (ფემისტერი და სხვები), გამოიმდინარე იქიდან, რომ ცისტის შიგთავსის დათესვისას იზრდება გარკვეული სახის მიკრობები, ძვლოვანი ცისტის წარმოშობის მიზეზად მხოლოდ ანთებით პროცესს თვლიან, მეოთხე ჯგუფს [4] მიაჩნია, რომ ძვლოვანი ცისტა შედეგია ემბრიონალური მეზენქიმის გასრუტვისა, რომელსაც დაკარგული აქვს ცხოველმყოფელობის უნარი; მკვლევართა გარკვეული ჯგუფისათვის კი [5], რომელიც სისტემატურად მუშაობს ამ საკითხებზე, ცისტების წარმოშობის მიზეზი უცნობია.

ყველაზე გავრცელებულია აზრი იმის შესახებ, რომ ძვლოვანი ცისტა სხვა არა არის რა, თუ არა ოსტეობლასტოკლასტომის ცისტური ფორმა [6,7,8,9]. ეს მოსაზრება თვალსაჩინო ფაქტიური მასალის ანალიზის საფუძველზე სარწმუნოდ დასაბუთა ა. რუსაკოვმა და მისმა სკოლამ. მათ შემამჩნიეს ორივე პათოლოგიური პროცესისათვის საერთო დამახასიათებელი ნიშნები. ა. რუსაკოვის აზრით, ძვლოვანი ცისტის პათომექანიზმი შემდეგნაირია: იმის გამო, რომ ოსტეობლასტოკლასტომებში სისხლი უჯრედთა შორის სივრცეებში მოძრაობს და მათ არა აქვთ სპეციალური ჩამოყალიბებული სისხლძარღვთა ქსელი, იქმნება პირობა სიმსივნური ქსოვილის სისხლით დიდი რაოდენობით „დაჭაობებისა“. ეს უკანასკნელი იწვევს სიმსივნური ქსოვილის დაღუპვას და ღრუების—ცისტების—გაჩენას. ცისტის კედელი ტიპურ ოსტეოკლასტომის სტრუქტურისაა.

ამგვარად, ოსტეოკლასტომებში ცისტების (სისხლოვანი, სეროზული და შერეული ტიპის) წარმოშობა სრულიად კანონზომიერი მოვლენაა და შედეგია ხსენებულ სიმსივნეში სისხლის მიმოქცევის სისტემის პრიმიტულობისა და

არასრულყოფილობისა, ამით იახსნება ის, რომ ძვლოვანი ცისტები შემთხვევითა უმეტეს ნაწილში ოსტეობლასტოკლასტომებში გვხვდება. მაგრამ ისიც აშკარაა, რომ ძვლოვანი ცისტები შეიძლება განვითარდეს აგრეთვე ტრავმული სისხლჩაქცევის, ანთების ან დისტროფიის საფუძველზე, რაც მეტად იშვიათია.

ჰელნერმა [10] მოგვცა ძვლოვანი ცისტების კლასიფიკაცია. იგი მათ ყოფს სამ ჯგუფად: ნეოპლასტიკურად, ანთებად და დისტროფიულად, რაც ვფიქრობთ, საფუძველმოკლებული არაა.

იაფემ და ლიხტენშტეინმა 1952 წელს ოსტეობლასტოკლასტომებისა და ძვლოვანი ცისტების ჯგუფიდან გამოყვეს ძვლის ჰათოლოგიის ახალი სახე, ე. წ. „ანევრიზმული ძვლოვანი ცისტები“. მას შემდეგ მონაცემები ამ დაავადების შესახებ სისტემატურად ქვეყნდება პერიოდულ ლიტერატურაში [11, 12]. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ლიტერატურულ წყაროებში ამ დაავადების მოყვანილი კლინიკური რენტგენოლოგიური მაკრო-და მიკრომორფოლოგიური მონაცემების გულდასმით შესწავლის შედეგად ჩვენ ვერ აღმოვაჩინეთ რაიმე კარდინალური ნიშანი, რომელიც ასხვავებდეს ამ პათოლოგიას ოსტეობლასტოკლასტომის ფონზე განვითარებული ძვლოვანი ცისტისაგან.

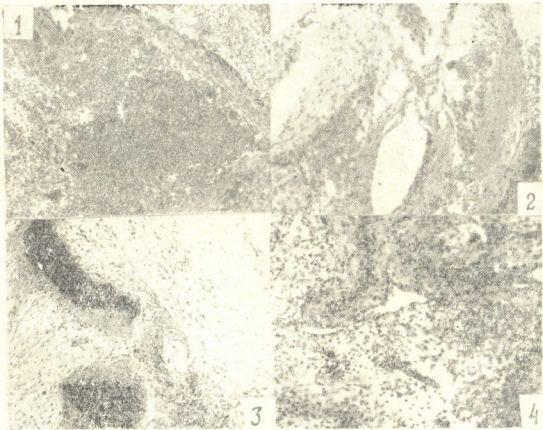
ჩვენ წიერ მაკრო-და მიკრომორფოლოგიურად შესწავლილია ცელის ცისტის კედელი 12 შემთხვევაში; ყველა შემთხვევაში მასალა იყო ცისტის გამონაფხეკი ძვლოვან ნაწილაკებთან ერთად. 12-დან 8 შემთხვევაში ცისტის კედელი ტიპიურ ოსტეობლასტოკლასტომის შენებისა იყო მისთვის დამახასიათებელი სტრუქტურული ელემენტების მთელი კომპლექსით, სისხლის მიმოქცევის თავისებურებებითა და ზოგ შემთხვევაში მიკროცისტების არსებობით; სიმსივნის ძირითად მასას შეადგენდა ერთბირთვიანი ოსტეობლასტის და მრავალბირთვიანი ოსტეოკლასტის ტიპის უჯრედები (სურ. 1).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ცისტის კედლის მიკრომორფოლოგიური შესწავლის დროს ჩვენ რამდენიმე შემთხვევაში (3 დაჯივრება) ვნახეთ მცირე ოდენობის სისხლოვანი და სეროზული ცისტები. ცხადია, ცისტის კედელი ოსტეობლასტოკლასტომის ფონზე და სიმსივნურ უჯრედებს შორის მიკროსკოპული ცისტების არსებობა დამაჯერებლად ნიუთითებს იმაზე, რომ ცისტა ასეთ შემთხვევაში უქვეყლად ოსტეობლასტოკლასტომის შედეგად და განვითარებულია სიმსივნური ქსოვილის დაღუპვის ხარჯზე (სურ. 2).

ციტურ-ოსტეობლასტოკლასტომაში მიმდინარეობს ორი ურთიერთაწინააღმდეგო პროცესი: ერთი მხრივ, სიმსივნის ზრდა, ხოლო მეორე მხრივ, რეპარაციის მოვლენები. თუ პირველი მათგანი ჭარბობს, მაშინ ოსტეობლასტოკლასტომის ცისტური ფორმა შეიძლება გარდაიქმნეს ოსტეობლასტოკლასტომის სოლიდურ ფორმად; ხოლო თუ მეორე ჭარბობს, მაშინ შესაძლოა ვიგულისხმოთ ძვლოვანი სტრუქტურის სრული აღდგენა და ამის შედეგად თვითგანკურნება, როგორც ეს არაერთხელა აღწერილი ლიტერატურაში. ამიტომ სრულიად სამართლიანია ს. ტერნოვსკისა და მ. ვოლკოვის აზრი იმის შესახებ, რომ ძვლოვანი ცისტა ოსტეობლასტოკლასტომის გამოსავალი კი არაა, არაზედ მისი განვითარების ერთ-ერთი ფაზა ან ფორმაა. სიმსივნ-

ნური ქსოვილის აქტივიზაციის დროს ცისტური ფორმა შეიძლება გარდაიქმნას სოლიდურ ოსტეობლასტოკლასტომად.

სიმსივნური ქსოვილის ჩასახვის მომენტიდან მისი ზრდის პარალელურად, სისხლის მიმოქცევის თავისებურების გამო, წარმოებს ცისტური ღრუების შექმნა. ამ პროცესის დროს, თუ ჰარბობს სიმსივნური ქსოვილის პროლიფერაცია, მაშინ საქმე გვაქვს ოსტეობლასტოკლასტომასთან, რომელიც შესაძლოა შეიცავდეს მიკროცისტების გარკვეულ რაოდენობას; ხოლო თუ ოსტეობლასტოკლასტომა ვითარდება სისხლის მიმოქცევის გაძლიერებულ ფონზე (როგორც ეს ჩვეულებრივად ბავშვებში ხდება [9]), რაც ხელს უწყობს სიმსივნური მასის დალუპვასა და ცისტური ღრუების წარმოშობას, მაშინ ასეთ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ოსტეობლასტოკლასტომის ცისტურ ფორმასთან. ამიტომ სრულიად გასაგები ხდება ოსტეობლასტოკლასტომის ცისტური ფორმის ხშირი შემთხვევები ბავშვთა ასაკში.



სურ. 1. მიკროფოტოგრაფები: 1—ცისტის კედელი წარმოდგენილი ტიპიურ ოსტეობლასტოკლასტომით; 2—ოსტეობლასტოკლასტომის ელიფენტებს შორის მიკროცისტები; 3—ცისტის კედელი წარმოდგენილი ერთოვლი ოსტეოკლასტებით და რეპარაციის მოვლენებით; 4—ცისტის კედელი, ჩანს ატიპური ჩამოყვანილებული ლაქუნები სისხლის ძარღვები)

ძვლოვანი ცისტებისა და ოსტეობლასტოკლასტომების პათოგენეზური კავშირის უტყუარი ნიშანია ტ. ვინოგრადოვასა და ა. ვახუროვიჩას [7] მიერ კეთილთვისებიან ოსტეობლასტოკლასტომის ფილტვებში მეტასტაზი-

რების შემთხვევაში, მეტასტაზურ კვანძებში სიმსივნურ ელემენტებს შორის სეროზული და სისხლოვანი ცისტების აღმოჩენა.

ძვლოვანი ცისტების პროგრესული ზრდის დროს თავისებური სისხლის მიმოქცევის გამო შექმნილმა პირობებმა შეიძლება გამოიწვიოს სიმსივნური ქსოვილის სრული დაღუპვა. ასეთი ცისტის კედელში სიმსივნური ელემენტები შეიძლება შერჩეს მხოლოდ ერთეულის სახით ან სულ არ იყოს უკანასკნელ შემთხვევაში ძვლოვანი ცისტის ოსტეობლასტოკლასტომასთან კავშირის დამტკიცება ძნელია. ჩვენ მასალაში სამი მსგავსი შემთხვევა იყო, როცა ცისტის კედელი წარმოდგენილი იყო შემეარტქსოვილოვანი ელემენტებით და ერთეული ოსტეოკლასტებითა და ოსტეობლასტებით (სურ. 3).

ამ დაკვირვებებს ვათავსებთ ოსტეობლასტოკლასტომების ნიადაგზე წარმოშობილ ძვლოვან ცისტებთან ერთად, რადგან ვთვლით მათ ძვლოვანი ცისტების განვითარების შემდგომ ფაზად. ცხადია, გამოკვლევა ჩატარდა იმ მომენტში, როცა სიმსივნური ქსოვილი მთლიანად დაიღუპა და მის ნაცვლად დარჩა სისხლით ავსებული ღრუ. აქ საგულისხმოა ის გარემოება, რომ ცისტის კედელში ნახულია ატიპური, ჩამოუყალიბებელი ლაქუნები (სისხლის ძარღვები), რომლებიც დამახასიათებელია ოსტეობლასტოკლასტომებისათვის (სურ. 4). არც ერთ სხეულზე სამ შემთხვევაში მიკრომორფოლოგიურად არ იყო ნახული სხვა პროცესები, რომლებიც განაპირობებენ ცისტის წარმოშობას.

ჩვენი დაკვირვება ამ საკითხში ემთხვევა ა. რუსაკოვის მოსაზრებას, რომლის მიხედვითაც ოსტეობლასტოკლასტომის ცისტური ფორმის დროს სიმსივნური ქსოვილი დროთა განმავლობაში შეიძლება გაქრეს, ხოლო თვით ცისტა კი განავარძობდეს არსებობას.

ერთ განხილულ შემთხვევაში ოპერაციის დროს ნახულია მოთეთრო, რჩის ფერის მქონე ცისტის კედელი მიკროსკოპულად წარმოდგენილი ბოჭკოვანი შემეარტი ქსოვილით და ქრონიკული ანთების სურათით, ცხადია, ამ შემთხვევაში ძვლოვანი ცისტის წარმოქმნა განაპირობა ქრონიკულმა ანთებამ.

ამგვარად, ძვლოვანი ცისტების შესწავლილ 12 შემთხვევიდან 8 შემთხვევაში იგი ოსტეობლასტოკლასტომის ცისტური ფორმის პირველ ფაზას წარმოადგენდა, ხოლო 3—დაავადების ბოლო ფაზას, რომელთაც სიმსივნური ბუნება უკვე დაკარგული აქვთ და მათში დაწყებულია რეპარაციის პროცესები. უკანასკნელი შესაძლოა დამთავრდეს თვითგანკურნებით. მაგრამ, ალბათ, შეიძლება მოხდეს საწინააღმდეგო მოვლენაც: ბოლო ცისტურ ფაზაში რაიმე გაურკვეველი მიზეზით შეიძლება სტიმულირებულ იქნეს სიმსივნური ქსოვილის ზრდა და ცისტის წარმოშობის ფაზა შეიცვალოს ოსტეობლასტოკლასტომის სოლიდური ფაზით.

ძვლოვანი ცისტის გამოყოფა ცალკე ნოზოლოგიური ერთეულის სახით მისი ეტიოლოგიური მომენტის გათვალისწინების გარეშე იწვევს მხოლოდ გაუგებრობას ძვლის პათოლოგიის შესწავლის საქმეში. იგი არ წარმოადგენს დაავადების დამოუკიდებელ სახეს, არამედ შედეგია ძვალში მიმდინარე რაიმე პათოლოგიური პროცესისა, ხშირად სიმსივნურისა.



ავადმყოფობის სწორი და რაციონალური მკურნალობის შერჩევასათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს განვასხვავოთ ერთმანეთისაგან ძვლოვან ცისტათა სიმსივნური, დისტროფიული, ანთებითი და ტრავმული ფორმები. საჭიროა დადგენილ იქნეს თითოეული მათგანისათვის დამახასიათებელი სპეციფიური კლინიკური და რენტგენოლოგიური სიმპტომატიკა და ამის მიხედვით შერჩეულ იქნეს ქირურგიული მკურნალობის სათანადო ტაქტიკა.

საქართველოს სსრ ჯანმრთელობის დაცვის  
სამინისტროს ტრავმატოლოგიისა და  
ორთოპედიის სამეცნიერო-კვლევითი  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 9.12 1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. I. Lefrans, C. Nezelof. Les kystes essentiels os longs. Rev. de Chir., 43, 1957.
2. R. Nicole. Zur Frage der Ätiologie der Solitären Knochen cysten bei Kindern. Helvetica chir. Acta, 26, 3, 1959.
3. С. А. Рейнберг. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. Медгиз. М., 1955.
4. В. Р. Брайцев. Кисты, фиброзные и гигантоклеточные образования костей, их патогенез и природа. Вести. Хир., 1959, № 11, стр. 18—27.
5. D. Dahlin, R. Gormley, D. Pugh. Giant cell Tumor of Bone. Proc. of the Staff Meetings of the Mayo clin., v. 31, 2, 1956.
6. А. В. Русаков. Патологическая анатомия болезней костной системы. В кн. „Руководство по патологической анатомии“. М., 1959.
7. Т. П. Виноградова и А. М. Вахуркина. О природе т. н. гигантоклеточных опухолей (остеобластокластом) костей. Хирургия, № 4, 1952.
8. М. В. Волков. Первичные опухоли и дисплазии костей в детском возрасте (распознавание и хирургическое лечение). Автореферат докторской диссертации, М., 1961.
9. Л. П. Кузьмина. Костные кисты. Вopr. патологии костной системы. М., 1957, стр. 118—130.
10. H. Hellner. Die chirurgische Behandlung der Jugendlichen Knochen—cysten mit der spondiasplombe. Chirurg., 3, 1958.
11. D. Strandness, I. Alexander, E. Chambers. Anewrysmal Bone cyst. Western. Journ. of surg. obst. a. ginec., v. 65, 2, 1957.
12. B. Coley, R. Peterson. Primary Bone tumors in children. The Am. of surg., 39, 1938.
13. ა. კვალაიშვილი ი. მასალები კიდურთა ძვლების გიგანტურუჯრედოვანი სიმსივნეების შესწავლისათვის, თბილსი, 1945.
14. Д. Г. Мамайт вришвили. Достоверное и спорное в современном учении о гигантомах костей. Хирургия, 1961, 9, стр. 97—104.

## ფიზიოლოგია

## 6. სინარულიძე

 ძალღებში მხედველობის ანალიზატორის მე-17 ველთა  
 მესტირბაციის შესწავლის ზომიერტი შედეგი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 5.8.1960)

მხედველობის ანალიზატორის ცალკეული ველების (მე-17, მე-18 და მე-19) მნიშვნელობის საკითხი მხედველობის ფუნქციაში შედარებით ნაკლებად არის შესწავლილი. თუმცა, როგორც პისტოლოგიური მონაცემებიდანაა ცნობილი, ეს ველები ერთმანეთისაგან განსხვავდება თავიანთი ციტოარქიტექტონიკური შენებით. მე-17 ველში, განსაკუთრებით მის 1V შრეში, სადაც ძირითადად ბოლოვდება თალამური აფტენტული ბოჭკოები, დიდი რაოდენობით მოიპოვება ვარსკვლავისებური და სხვა მოკლეაქსონიანი ნეირონები; მე-18 და მე-19 ველებში კი ასეთი უჯრედების რაოდენობა უფრო მცირეა, სამაგიეროდ აქ ჭარბობს პირამიდული ნეირონები [1].

ი. პავლოვის ლაბორატორიაში შესწავლილია და დადგენილია, რომ კეფის წილის ამოკვეთა უმაღლეს ხერხემლიან ცხოველებში მხედველობის ფუნქციის ღრმა მოშლას იწვევს [2]. ქერქის კეფის წილის ამოკვეთის გავლენის შესწავლას მხედველობით პირობით რეფლექსებზე ძალღებში ეხება დ. მარკვისისა და ე. პილგარდის, კ. სმიტის, ა. კუდრინის, ვ. გუნიჩინის [3, 4, 5, 6] და სხვათა შრომები. ამ მკვლევარებმა დაამტკიცეს, რომ მხედველობის ანალიზატორის ქერქული ნაწილის სრული ან თითქმის სრული ამოკვეთისას ძალღებს ეკარგებათ საგნობრივი მხედველობა. მაგრამ ვ. კრიაჟევისა და ნ. ცინდას [7] მიერ ძალღებზე მიღებულმა შედეგებმა გვაჩვენეს, რომ მხედველობის მოშლის ხარისხი მხედველობის ქერქის ამოკვეთისას დამოკიდებულია მხედველობითი ველების დარღვევის ხარისხისაგან. კერძოდ, მათ ცდებში მე-17, მე-18 და მე-19 ველთა ერთდროული ამოკვეთა იწვევდა მხედველობით გამლიზიანებელზე პირობითი მამოძრავებელი რეაქციების მნიშვნელოვან დარღვევას (საგნობრივი მხედველობის მოშლას), მაშინ როდესაც ქერქის მე-17 ველის 10—12%-ის, მე-18 ველის 15—20%-ისა და მე-19 ველის სრული არსებობისას ნაწილობრივ შეღავნდებოდა მხედველობის ანალიზატორის ანალიზურ-სინთეზური ფუნქცია (საგნობრივი მხედველობის მიმართ) და სინათლით გაღიზიანების დიფერენცირების განსაზღვრული უნარი.

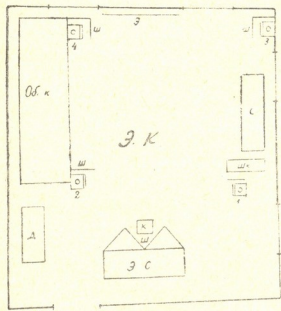
ჩვენ კვლევის მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა მე-17 ველის როგორც ცალმხრივი, ისე ორმხრივი მესტირბაციის გავლენა ცხოველის მხედველობით პირობით რეფლექსებზე და მათ ქცევებზე. ამავე დროს ჩვენ მხედველობაში

გეგმონდა გამოგვეკვლია მონოკულარული მხედველობის მიმართ როგორც ერთი, ისე მეორე ჰემისფეროს მნიშვნელობა.

მეთოდისა

ცდებს ვატარებდით დიდ სპეციალურად მოწყობილ საექსპერიმენტო ოთახში (სურ. 1) ნორმული და ოპერირებულ ძაღლებზე თავისუფალი მოძრაობის მეთოდით [8].

ცხოველებს წინასწარ ვაჩვენებდით საექსპერიმენტო გარემოს: საცდელ ძაღლს ყოველდღიურად რამდენიმე საათით ვაცემვდით შუქგაუვალ ნიღაბს ხან ერთ, ხან მეორე თვალზე. ამგვარად, ცდების დაწყებამდე ცხოველი ეჩვეოდა ცალ თვალზე ნიღაბის ტარებას.



სურ. 1. საექსპერიმენტო ოთახის მოწყობილობა. მ. კ.—საექსპერიმენტო ოთახი 68 კვ. მ, შ. კ.—საექსპერიმენტო მაგიდა, რომელთანაც ზის ექსპერიმენტატორი და რომელზედაც მოთავსებულია სპროექციო აპარატი, ბ. კ.—სავარძელი, შ. კ.—კარადა, ო. ბ. კ.—დიდი გალია მაიმუნებისათვის; კ.—გალია, რომელშიც იმყოფება საცდელი ცხოველი, ც—უბრალო მაგიდა, შ—მკერანი, რომელზედაც პროექტირდება ფიგურები სპროექციო აპარატიდან, შ—თეჯირები, რომლებიც ფარავენ საექსპერიმენტო მაგიდას და საკვებ ყუთებს, 1, 2, 3 და 4—საკვები ყუთები

ამის შემდეგ ვიწყებდით ერთი თვალის გაღიზიანებაზე გავტომატებული კვებითი ქცევის გამომუშავებას საკვები ყუთებისაკენ. პირობით გამღიზიანებლებად ვიყენებდით სხვადასხვა ცხოველის (ძაღლი, კატა, ქათამი, კურდღელი) და მათი ნაწილების ეკრანზე პროექტირებულ ფიგურებს. ფიგურის ჩვენების დროს ცხოველი მიგვყავდა ყუთთან და ვკვებავდით. პერიოდულად გავტომატებული ქცევის გამომუშავებისას ვამოწმებდით მეორე (საკონტროლო) თვალის გაღიზიანების გავლენას, რომელიც ჩვეულებრივ დაფარული იყო ამ ცდებში. საკონტროლო ცდებს ვაყენებდით როგორც დიფერენციაციის სტიდიამდე, ასევე მის შემდეგაც.

გარდა გავტომატებული კვებითი ქცევისა ამავე ცხოველებზე შეისწავლებოდა მათი სივრცითი ორიენტაცია მხედველობითი რეცეპციის საფუძველზე. ნორმალურ ძაღლებს, აღნიშნული სახის ცდების ჩატარების შემდეგ თავის ტვინის კვდის წილიდან ვუკვეთდით მე-17 ველს ჯერ მხოლოდ ერთი ჰემის-

ფეროდან. ოპერაციის შემდეგ მე-7 — მე-10 დღიდან ოპერირებულ ცხოველებზე შეისწავლებოდა იგივე რეაქციები, რაც ნორმალურზე. რამდენიმე კვირის შემდეგ ოპერაციას ვატარებდით მეორე ჰემისფეროზედაც; კვებადლით მე-17 ველს მეორე ჰემისფეროდანაც. მე-17 ველთა ორმხრივი ამოკვეთის შემდეგ რამდენიმე თვის განმავლობაში ცხოველები გვყავდა დაკვირვების ქვეშ.

### ც ღ ის შ ე დ ე გ ე ბ ი

ეკრანზე ფიგურის პროეცირება მუშაობის პირველ დღეებში ცხოველებში სხვადასხვა ემოციურ განცდას იწვევდა; ძალეები მიდიოდნენ ეკრანთან, ყნოსავდნენ იქ გამოსახულ ფიგურებს, იწყებდნენ წკმუტუნს, ყეფას. ასე მაგ. კატის ფიგურის პროეცირება ეკრანზე იწვევდა ძალეებში ღრენას, სწრაფად გაქცევას ეკრანისაკენ. უნდა აღინიშნოს, რომ არა მხოლოდ ცხოველის ფიგურა, არამედ მისი რომელიმე ნაწილიც კი, ასე მაგ. ძაღლის ან კატის თავი, სხეულის წინა ან უკანა ნაწილი იწვევდნენ ძალეებში იგივე ემოციურ რეაქციებს, რასაც მთელი ფიგურის პროეცირება; შემდეგ ცდებში ასეთი რეაქციები თანდათანობით ქრებოდა. ფიგურის ჩვენებისას ცხოველის საკვები ყუთისკენ 9—10-ჯერ წაყვანისა და კვების შემდეგ ეკრანზე ფიგურის გამოჩენა უკვე ხდებოდა პირობითი კვებით სიგნალად. დროდადრო ცხოველს ვუცვლიდით ნიღაბს, ე. ი. ვალიზიანებდით საკონტროლო თვალს იმავე პირობითი ფიგურებით, როგორც ზევით აღვნიშნეთ, საკონტროლო ცდებს ვაყენებდით როგორც პირობითი რეფლექსის გამომწვევების ადრეულ პერიოდში, ასევე სრული დიფერენციაციის სტადიაში. ჩვენ დავრწმუნდით, რომ როგორც მუშაობის დასაწყისში, ასევე განსაზღვრული ფიგურის სხვებისგან დიფერენცირების სტადიაში, ცხოველთა კვებითი ქცევა ისევე წარიმართება საკონტროლო თვალის გაღიზიანების დროსაც, ე. ი. დიფერენციაციის სტადიაში საკონტროლო თვალის გაღიზიანებისას ძაღლის კვებითი ქცევა თავიდანვე დიფერენცირებულია.

ამავე ძალეებზე ჩვენ შევისწავლიდით აგრეთვე მათ სიერციტ ორიენტაციას ცნობილი მეთოდით [8, 9]. ძალეებს სხვადასხვა ადგილას ვაჩვენებდით ჯამებს ხორცი, პურით და აგრეთვე ცარიელ ჯამებს. რამდენიმე წუთის შემდეგ ძალეებს ვუშვებდით გალიიდან და ვაკვირდებოდით მათ ქცევებს. ისინი პირველ რიგში ყოველთვის მიდიოდნენ იმ ადგილისკენ, სადაც ენახათ ხორცი. საკვების ადგილმდებარეობის ხატი ცხოველებს დიდხანს ენახებოდათ, ასე, მაგალითად, როდესაც ისინი გაგვეყავდა ოთახიდან საკვების ჩვენების შემდეგ და მეორე ან მესამე დღეს ისევ შეგვეყავდა იგივე გარემოში, მაშინ ძალეები პირველ რიგში მიდიოდნენ იმ ადგილისაკენ, სადაც მათ უკანასკნელად ნახეს ან მოიღეს საკვები. ე. ი. ძალეები ერთ თვალზე ნიღაბით ისევე ორიენტირებენ გარემოში, როგორც უნიღაბით.

ზემოთ აღწერილი ცდების ჩატარების შემდეგ ძალეებზე ვატარებდით ოპერაციებს; ერთი ჰემისფეროს ქერქიდან ვკვეთავდით მე-17 ველს. პირველ ხანებში ცხოველთა ჩვეულებრივი ქცევა დარღვეული იყო, რაც, ვფიქრობთ, გამოწვეულია ოპერაციის ტრავმული მოქმედებით. რამდენიმე დღის შემდეგ

კი ძალები უკვე ჩვეულებრივ ორიენტირებდნენ გარემოში. ამავე დროს ისინი სწორად რეაგირებდნენ ეკრანზე ფიგურის გამორჩენაზე როგორც მარცხენა, ისევე მარჯვენა თვალის დაფარვის დროს.

ამგვარად, მხედველობის ანალიზატორის მე-17 ველის ცალმხრივი ამოკვეთა არ ახდენს თითქმის არავითარ გავლენას ცხოველის სივრცეში ორიენტაციაზე და დიფერენცირებულ გაავტომატებულ კვებით ქცევაზე, რაც გამომუშავდა ეკრანზე პროეცირებულ სხვადასხვა ფიგურაზე.

ზემოთ აღწერილი ცდების ჩატარების შემდეგ ძალებს მეორე ჰემისფეროდანაც ვკვეთილთ მე-17 ველს. ოპერაციის შემდეგ, დაახლოებით 2—3 კვირის მანძილზე, ოპერირებულ ძალებს საგრძნობლად ერღვეოდათ მხედველობითი მიმღებლობა. მხედველობითი პირობითი გამღიზიანებლები საერთოდ არავითარ რეაქციებს არ იწვევდა ცხოველებში, ანდა იწვევდა რალაც გაურკვეველ

ო კ მ ი № 1

19. I. 1960. ძალში ყუქი

პირველად შემოგვყავს მეორე ოპერაციის შედეგ მე-9 დღეს (ამოკვეთილია ორივე ჰემისფეროდან მე-17 ველები). ოპერაციამდე ძალს გამომუშავებული ჰქონდა კვებითი ქცევა მე-4 ყუთისკენ ძაღლის ფიგურაზე და მე-3 ყუთისაკენ კატის ფიგურაზე. ეკრანის განათება და აგრეთვე პირობითი ფიგურების ცალკეული ნაწილები იყო კვების უარყოფითი სიგნალები

დღეში ჩატარებული ცდათა რაოდენობა	დრო	პირობითი გამღიზიანებელი	ცდათა საერთო რაოდენობა	ძაღლის მდგომარეობა ცდის წინ	ძაღლის ქცევა პირობით გამღიზიანებელზე
1.	12 ს.	ეკრანის განათება 5''	1/1	წვეს წყნარად გალიაში, უწყურებს ეკრანს	ეკრანის განათებაზე დგება გალიაში, შემდეგ გამოდის გალიიდან და მიდის პირდაპირ ეკრანისაკენ, ჩერდება, უწყურებს ეკრანს. მიდის ახლო, შემდეგ ბრუნდება უკან გალიისაკენ, გალიაში შედის მხოლოდ ექსპერიმენტატორის ძახილზე.
2.	12.05'	ეკრანის განათება	2/2	წვეს წყნარად, უწყურებს ეკრანს	განათებაზე თავის სუსტი საორიენტაციო მოძრაობა, შემდეგ დგება, მაგრამ გალიიდან არ გამოდის, ჯდება ისევ გალიაში.
3.	12.12'	ძაღლის ფიგურა 5''	1/1	"	დგება, ნელა გამოდის გალიიდან, მიდის ეკრანთან, ჩერდება, შემდეგ მიდის მე-4 ყუთისკენ, ბოლოს თითონ ბრუნდება უკან გალიაში.
4.	12.15'	კატის ფიგურა 5''	1/1	"	ეკრანზე ფიგურის გამოსახულებზე თავის სუსტი საორიენტაციო მოძრაობა, წყურუნებს, მაგრამ არ გამოდის გალიიდან.
5.	12.18'	ძაღლის ფიგურა 5''	2/2	ზის წყნარად	არავითარი რეაქცია სიგნალზე, ფიგურის გამორთვის შემდეგ თავის სუსტი საორიენტაციო მოძრაობა.
6.	12.21'	ეკრანის განათება 5''	3/3	"	ეკრანის განათებაზე დგება, გამოდის ნელა გალიიდან, მიდის ეკრანთან, აქედან უხვევს მე-3 ყუთისაკენ, ყუთთან ბოლომდე არ მიდის, გალიაში ბრუნდება ექსპერიმენტატორის ძახილზე.

მოძრაობებს ეკრანისკენ, სადაც პირობითი სიგნალები იყო გამოსახული (იხ. ოქმი № 1).

პირველი ოქმიდან კარგად ჩანს, რომ მე-9 დღეს ოპერაციის შემდეგ ძალები ვერ რეაგირობდნენ დიფერენცირებულად ეკრანის განათებაზე და ფიგურის გამოსახულებაზე. მაგრამ მალე, ფიგურების ჩვენების სათანადო ყუთებიდან კვებასთან შეუღლების შემდეგ ძალები ახდენდნენ ეკრანის განათებისა და ეკრანზე ფიგურის გამოსახულების დიფერენცირებას (იხ. ოქმი 2).

ოქმი № 2  
2. I. 1960. იგივე ძალის ქუცი

დღეში ჩატარებული ცდათა რაოდ.	დრო	პირობითი გამობიანებული	ცდათა საერთო რაოდენობა	ძალის მდგომარეობა ცდის წინ	ძალის ქცევა პირობით გამობიანებებზე
1.	1.30'	ეკრანის განათება, 10"	1/8	ზის გალიაში წყნარად	ეკრანის განათებაზე არ გამოდის გალიიდან
2.	1.36'	კატის ფიგურა 5"	1/6	"	გამოდის გალიიდან, შიდის მე-4 ყუთისაკენ, არ ვაჭმევთ. გალიაში თავისით ბრუნდება
3.	1.39'	ძალის ფიგურის წინა ნაწილი 5"	1/2	"	გამოდის გალიიდან, შიდის პირდაპირ მე-4 ყუთისაკენ, ყუთამდე არ მიდის. უკან ბრუნდება ძახილზე
4.	1.42'	კატის ფიგურა 5"	1/7	"	გამოდის გალიიდან, შიდის მე-3 ყუთისკენ ნელა, ვაჭმევთ. უკან ბრუნდება ძახილით.
5.	1.45'	ეკრანის განათება 10"	2/9	"	ეკრანის განათებაზე არ გამოდის გალიიდან.
6.	1.48'	კატის თათი 5"	1/3	"	გამოდის გალიიდან, შიდის მე-3 ყუთისკენ, ჩერდება. არ ვაჭმევთ. გალიაში ბრუნდება თავისით.

მე-2 ოქმიდან ჩანს, რომ ოპერაციიდან 3 კვირის შემდეგ ძალის უკვე ახდენს განათებისა და ფიგურის დიფერენცირებას, მაგრამ თვით ფიგურების დიფერენცირების უნარი მას დარღვეული აქვს.

მუშაობის შემდგომ პერიოდში აღმოჩნდა, რომ ამ ძალებს საესეებით არ დაეკარგათ საგნობრივი მხედველობა, არამედ იგი დიდი ხნის განმავლობაში დარჩა ნაწილობრივ დარღვეული, კერძოდ, დაირღვა პირობითი სიგნალების ნატიფი დიფერენცირების უნარი: ოპერაციის შემდეგ 5—6 თვის განმავლობაში ძალის ვერ ახდენდა პირობითი ფიგურის ცალკეული ნაწილების დიფერენცირებას.

სივრცითი ორიენტაციის შესწავლის მიზნით ოპერირებულ ძალებზე ჩვენ გავიმეორეთ ის ცდები, რომლებიც ჩავატარეთ ნორმალურ ძალებზე. გამოირ-

კვა, რომ ოპერირებული ცხოველებიც პირველ რიგში მიემართებოდნენ იმ ადგილისაკენ, სადაც ისინი ბოლოს ლებულობდნენ საკვებს.

ჩვენი შევამოწმეთ აგრეთვე ცხოველთა რეაქციები სმენითი და ლაბირინთული რეცეპტორების გაღიზიანებაზე და გამოირკვა, რომ ამ რეცეპტორთა ფუნქციები არ იყო დარღვეული.

მუშაობის დამთავრების შემდეგ (დაახლოებით 4—5 თვის შემდეგ მეორე ოპერაციიდან) ძალებს ვკლავდით და თავის ტვინს ვსწავლობდით მორფოლოგიურად და ჰისტოლოგიურად<sup>1</sup>.

დარჩენილი ქერქის ამ გამოკვლევებმა გვაჩვენა მხედველობის მიდამოს მე-17 ველთა მასიური დანგრევა და აგრეთვე ზოგიერთი უმნიშვნელო ცვლილებანი მე-18 და მე-19 ველებში.

### შედეგების განხილვა

ცდების პირველმა სერიამ (მე-17 ველის ერთმხრივი ამოკვეთა) გვაჩვენა, რომ ოპერაცია არ ახდენდა არავითარ გავლენას ძალის დიფერენცირებულ გაავტომატებულ კვებით ქცევაზე. ჩვენი ცდების შედეგების მიხედვით, მხედველობის ანალიზატორი, რომელიც მოთავსებულია ერთი ჰემისფეროს კეფის მიდამოში, ერთნაირად რეაგირებს როგორც იპსილატერალური, ისე კონტრალატერალური რეცეპტორების გაღიზიანებაზე. ჩვენი შედეგები ემთხვევა სხვადასხვა ავტორთა ჰისტოლოგიურ გამოკვლევებს [10, 11]. ფრინველებისაგან განსხვავებით, ძუძუმწოვართა მხედველობითი ბოქკოები ნაწილობრივ გადაჯვარედინდებიან, კერძოდ, ძალებში გადაჯვარედინებას განიცდის ბოქკოთა 60% [12]. ჩვენი მონაცემები ზუსტად ემთხვევა ფიზიოლოგიურ გამოკვლევათა შედეგებს, რომელიც მიღებულია ნ. ჭ ი ჭ ი ნ ა ძ ი ს [13] მიერ. ამ გამოკვლევებმა გვაჩვენეს, რომ ლეკვების და კურდღლების გაავტომატებული კვებითი ქცევა, გამომუშავებული ერთი თვალის გაღიზიანებისას, ასევე გაავტომატებული და დიფერენცირებული რჩება მეორე თვალის გაღიზიანების დროსაც, მაშინ როდესაც ფრინველებში ერთი თვალთი პირობითი სიგნალების დიფერენცირება არ მელავნდება მეორე თვალის გაღიზიანების შემთხვევაში.

ცდათა მეორე სერიაში (მე-17 ველთა ორმხრივი ამოკვეთა) პირველ ხანებში ჩვენ მიერ აღნიშნულ იქნა ძალებში მხედველობითი მიმღებლობის მნიშვნელოვანი დარღვევა, ე. ი. როგორც აღნიშნული იყო სხვადასხვა ავტორების მიერ [14, 15] მე-17 ველი, მხედველობის ანალიზატორის ბირთვი, წარმოადგენს იმ სუბსტრატს, რომელიც პირველ რიგში მიმღებლობს გავლენებს. აკად. ი. ბ ე რ ი ტ ა შ ვ ი ლ ი ს [16] აზრით, მე-17 ველი იმის გამო ახდენს მხედველობითი გაღიზიანების მიმღებლობას, რომ იგი უპირატესად შედეგა ვარსკვლავისებური უჯრედებისაგან და იქვე მდებარეობს დაღმავალი

<sup>1</sup> ტვინის ჰისტოლოგიური დამუშავება ხდებოდა ნისლის მეთოდით საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის ფიზიოლოგიის ინსტიტუტში და შეისწავლებოდა უფროსი მეცნიერი თანამშრომლის ა. მიქელაძის ხელმძღვანელობით.

მექანიზმი, რომელიც ახდენს თვალების ფიქსირებას გარკვეულ გარეგან ობიექტებზე.

შემდგომში ჩვენ მიერ აღნიშნულ ექნა პირობითი რეფლექსების აღდგენა, მაგრამ საგნობრივი მხედველობა დიდი ხნის განმავლობაში რჩებოდა ნაწილობრივ დარღვეული (დარღვეული იყო პირობითი სიგნალების ნატიფი დიფერენციაციის უნარი). ჩვენი შედეგები თითქმის ემთხვევა ვ. კ რ ი ა ჟ ე ვ ი ს ა და ნ. ც ი ნ დ ა ს [7] ექსპერიმენტების შედეგებს, რომელთა მიხედვით მე-17 ველის მინიმალურად (10—12%) არსებობის დროს, მე-18 ველის ნაწილობრივ დარღვევისას და მე-19 ველის სრული არსებობისას, მხედველობის ანალიზატორს ნაწილობრივ შერჩენილი ჰქონდა ანალიზურ-სინათლური ფუნქცია (საგნობრივი მხედველობის მიმართ) და სინათლით გაღიზიანების დიფერენცირების უნარი.

მე-17 ველის ამოკვეთის შემდეგ საგნობრივი მხედველობის ნაწილობრივად არსებობს უნარი, ალბათ, დამოკიდებული უნდა იყოს დარჩენილი მე-18 და მე-19 ველებზე. ვინაიდან მხედველობის ანალიზატორის სრული ამოკვეთისას (მე-17, მე-18 და მე-19 ველები) საგნობრივი მხედველობა სავსებით ირღვევა. ს. პოლიაკის [17] მონაცემებისაგან ვანსხვავებთ, სხვა ავტორების [18, 19] ჰისტოლოგიური გამოკვლევების მიხედვით ბადურიდან ნერვული ბოჭკოები მხედველობის ქერქისავე მიემართება არა მხოლოდ დამუხლული სხეულის გავლით მე-17 ველისკენ, არამედ ბალიშისა და n. colliculus superior-ის გავლითაც. ეს უკანასკნელი ბოჭკოები ბოლოვდება მე-18 და მე-19 ველების ვარსკვლავისებურ უჯრედებზე. როგორც ცნობილია, ძალღებს მე-18 და მე-19 ველებშიაც მოეპოვებათ მცირე რაოდენობით ვარსკვლავისებრი უჯრედები, რომლებსაცაც აგრეთვე მიემართება აფერენტული ბოჭკოები ბადურიდან pulvinar-ის და n. colliculus superior-ის გავლით.

დასკვნები

1. გაავტომატებული დიფერენცირებული კვებითი ქცევა ძალღის. გამოშუშავებული ერთი თვალის გაღიზიანებისას, ასევე გაავტომატებული და დიფერენცირებული რჩება მეორე თვალის გაღიზიანების დროსაც. მაშასადამე, დროებითი კავშირები, რომლებითაც ხორციელდება ეს დიფერენციული და გაავტომატებული რეაქციები, უნდა იყოს წარმოშობილი ორივე ჰემისფეროში.
2. მხედველობის ანალიზატორიდან მე-17 ველის ცალმხრივი ამოკვეთისას გაავტომატებული კვებითი ქცევა სხვადასხვა ფიგურაზე არ ირღვევა. ასევე ეს ამოკვეთა ცხოველთა სივრცეში ორიენტაციის უნარზე არ ახდენს გავლენას.
3. მე-17 ველთა ორმხრივი ამოკვეთისას ძალღის სივრცითი ორიენტაცია რჩება ნორმალური. ძალღებს რამდენიმე ხნით ერღვევათ მხედველობითი მიმდებლობის უნარი. პირობითი რეფლექსები სინათლით გაღიზიანებაზე არ ქრება, მაგრამ საგრძნობრივი მხედველობა დიდი ხნის განმავლობაში რჩება ნაწილობრივ დარღვეული.



## დამოწმებული ლიტერატურა

1. Е. Г. Школьник-Яросс. К морфологии зрительного анализатора. Журн. высш. нервн. деят. 4, 1954.
2. И. П. Павлов. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности животных. Л., 1932.
3. D. G. Marquis and G. R. Hilgard. Brain. 1937.
4. K. U. Smith. Visual discrimination in the cat. J. Genet. Psychol., 51, 1937.
5. А. Н. Кудрин. Условные рефлексы у собак при удалении задних половин больших полушарий. СПб, 1910.
6. В. И. Гунин. Об изменениях высшей нервной деятельности при экстирпации коркового конца зрительного анализатора. Журн. высш. нервн. деят., 6, 1956.
7. В. Я. Кражев и Н. И. Цинда. О нарушениях функции зрительного анализатора при двустороннем удалении затылочных долей больших полушарий мозга собаки. Журн. высш. нервн. деят., V, 1, 1955.
8. И. С. Беритов. Индивидуально-приобретенная деятельность ЦНС. Тифлис, 1932.
9. А. Н. Брегадзе. Поведение кошки, лишенной лобной долей больших полушарий. Труды. Инст. физиол. АН ГССР. 8, 1950.
10. D. Bodian. An experimental study of the optic tracts and retinal projections of the Virginia opossums. J. comp. neurol., 66, 1937.
11. J. M. Jefferson. J. Anat., 75, 1940, 156.
12. W. E. Le Gros Clark. The visual centres of the Brain and their connexions. Physiol. Rev. 22, 1942.
13. ბ. ჰიკინაძე. მხედველობითი გაღიზიანებით გამოწვეული ცენტრალური პროცესების ლოკალიზაციის შესახებ. ავტორეფერატი. თბილისი, 1947.
14. C. J. Herrik. Analytic and integrative nervous functions. In: „Problems in the modern physiology of the nervous and muscle systems“ Dedicated to I. Beritashvili (I. Berittoff), Tbilissi, 1956.
15. У. Пенфилд и Г. Г. Джаспер. Эпилепсия и функциональная анатомия головного мозга человека. Перев. с англ., М., 1958.
16. И. С. Беритов. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. М., 1961.
17. S. Poljak. Journ. Comp. Neurol. 57, 1933.
18. C. H. Bishop a. M. J. Clare. Radiation path from geniculate to optic cortex in cat. J. Neurophysiol., 14, 1951.
19. Е. Г. Школьник-Яросс. Особенности нейронов и межнейронных связей зрительного анализатора в сравнительно-анатомическом плане. Тезисы докл. VI Всесоюзн. съезда анат. гистол. и эмбриол. 1958.



ფიზიოლოგია

ს. ბუთხუზი

**დიდი ტვინის ქერქის ბავლენა კუდიან ბირთვში**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 26.7.1960)

უკანასკნელ დროს მრავალი მეკვლევარი აღნიშნავს, რომ კუდიანი ბირთვი აფერენტულ იმპულსებს იღებს სხვადასხვა რეცეპტორებიდან [1, 2, 3, 4]. სხვადასხვა წარმოშობის აფერენტული იმპულსების ურთიერთგავლენის საფუძველზე გამოითქვა მოსაზრება კუდიანი ბირთვის დონეზე სენსორული ინტეგრაციის შესაძლებლობის შესახებ [5]. მეორე მხრივ, ანატომიური [6, 7, 8] და ფიზიოლოგიური [9, 10, 11] გამოკვლევებით დამტკიცებულია, რომ ცენტრალური ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილები დაკავშირებულია კუდიან ბირთვთან და გავლენას ახდენენ მის მოქმედებაზე. ამ მიმართულებით განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს კუდიან ბირთვთან დიდი ტვინის ქერქისა და ნათხემის კავშირების შესწავლა, რაც ამ შრომის მიზანს შეადგენს.

მეთოდები

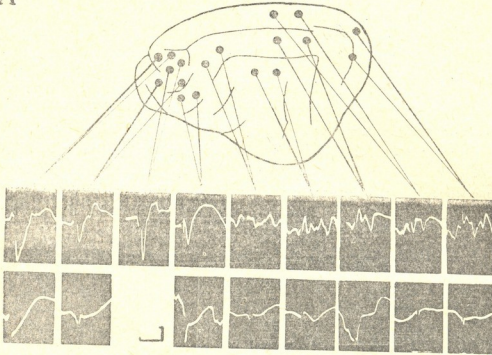
ცდები ტარდებოდა დაუნარკოზებელ კურარისებულ კატებზე. ეთერის ნარკოზით წარმოებდა ტრაქეოტომია და ქალასარქველის გახსნა. ამის შემდეგ ვწყვეტდით ეთერის ნარკოზს და ბარძაყის ვენაში შეგვყავდა ტუბოკურარინი (ერთჯერადი დოზა 0,05 მგრ, ცხოველის ყოველ კილოგრამ წონაზე) სუნთქვითი მოძრაობების შეწყვეტის შემდეგ ვრთავდით ხელოვნური სუნთქვის აპარატს. ცხოველის თავი ფიქსირდებოდა სტერეოტაქსიკურ აპარატში. ჭრილობის კიდეები და აგრეთვე ყველა საფიქსაციო ადგილი იმბიბირდებოდა ნოვოკაინის 1%-იანი ხსნარით ყოველ 50—60 წუთში. ცდას ვიწყებდით ნარკოზის შეწყვეტიდან 1,5—2 საათის შემდეგ.

კუდიანი ბირთვის პოტენციალების გამოყვანა წარმოებდა მონო- ან ბიპოლარულად კონცენტრული ელექტროდებით (დიამეტრი 0,12 მმ, პოლუსთაშუა მანძილი 0,3—0,5). მონოპოლარული გამოყვანის დროს ინდიფერენტული ელექტროდი შეუბლის ძვალში თავსდებოდა. ქერქის გალიზიანება წარმოებდა ბიპოლარულად ვერცხლის ქლორირებული ელექტროდებით (პოლუსთაშუა მანძილი 2—4 მმ). გაშიშვლებული ქერქის გაცივებისა და გაშრობის თავიდან აცილების მიზნით მასზე ვაწვეთებდით თბილ მინერალურ ზეთს. ქერქის, ისევე როგორც კანის, გალიზიანება წარმოებდა სწორკუთხოვანი იმპულსების გენერატორით (იმპულსის ხანგრძლივობა 0,1—0,3 მილსეკ.). ყოველი ცდის შემდეგ ელექტროდების ადგილმდებარეობა კონტროლირდებოდა ჰისტოლოგიურად.

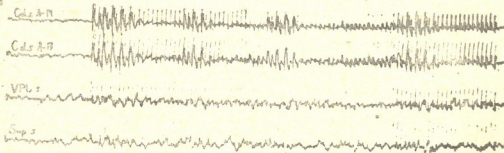
ცლის შედეგები

დიდი ტვინის ქერქის სხვადასხვა უბნების ელექტრული გალიზიანებისას კუდიან ბირთვში წარმოიქმნება ხანმოკლე ფარული პერიოდის მქონე პოტენციალები (2—5 მილსეკ. 1-A. ოსცილოგრაფების ზედა მწკრივი). ეს პო-

A



B

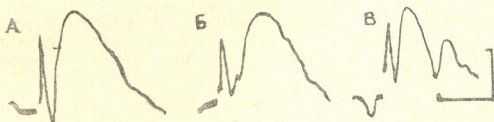


სურ. 1. კუდიანი ბირთვის პოტენციალები ქერქის სხვადასხვა უბნის გალიზიანებისას: A—ოსცილოგრაფების ზედა მწკრივი ჩაწერილია ნემბუტალის შეყვანამდის. ტვინის სქემატურ სურათზე შავი წერტილებით აღნიშნულია უბნები რომლებსაც ვალიზიანებით. ოსცილოგრაფების ქვედა მწკრივი—ნემბუტალის შეყვანის შემდეგ. ვალიზიანების ძალა 5V, კალიბრაცია 200  $\mu$ V, დრო—0,1 სეკ; B—ჩართვის რეაქციის ტიპის პოტენციალები კუდიან ბირთვში, გამოწვეული ქერქის სენსომოტორული უბნის გალიზიანებით. ქერქის გალიზიანების სიხშირე 6 სეკ-ში,

ძალა 7V

ტენციოლები აღირიცხება იმავე უბნებში, რომლებშიც აღირიცხება ჰეტეროგენულ სენსორული გალიზიანების საპასუხო პოტენციალები. ისინი აღმოცენდებიან დიდი ტვინის ქერქის სენსომოტორული, პარიეტალური და ტემპორალური უბნების გალიზიანებისას, მაგრამ ყველაზე უკეთ მკვლავნდებიან უკანა ჯვრისებრი ხვეულის და ლატერალური ხვეულის წინა ნაწილის გალიზიანებისას *sulcus ansatus*-ის არეში. ამ შემთხვევაში პოტენციალების აღმოცენების ზღუბული გაცილებით მცირეა და ამპლიტუდა კი დიდი, ვიდრე ქერქის სხვა უბნების გალიზიანებისას. აღნიშნული პოტენციალების ამპლიტუდა მერყეობს და პეროდულად ხან იზრდება, ხან მცირდება. ნუმბუტალის შეყვანის შემდეგ (15—20 მგრ/კვ.) ქერქის გალიზიანება უკვე აღარ იწვევს პოტენციალების აღმოცენებას კუდიან ბირთვში (სურ. 1-A; ოსცილოგრაფების ქვედა მწკრივი), მაგრამ ნუმბუტალის ასეთი დოზის დროს გალიზიანების გაძლიერებისას 15—25 ვოლტამდე კიდევ შეიძლება საპასუხო პოტენციალის გამოწვევა კუდიან ბირთვში. თუ ქერქის გალიზიანების სიხშირე 6—12-ია 1 სეკ-ში, მაშინ კუდიან ბირთვში აღმოცენებული პოტენციალები ემსავაგვებიან „ჩართვის რეაქციის“ პოტენციალებს (*recruiting respons*), როგორც ეს ჩანს სურ. 1-B-ზე.

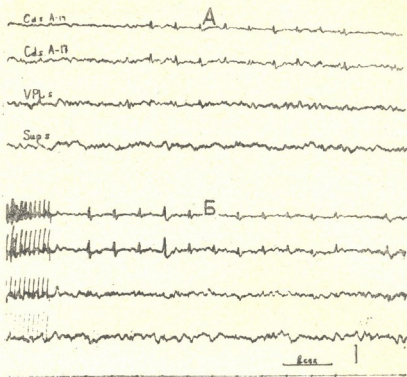
საპასუხო პოტენციალები კუდიან ბირთვში აღინიშნება აგრეთვე ნათხემის ქერქის სხვადასხვა უბნების გალიზიანებისას (სურ. 2). ეფექტურია ნათხემის რო-



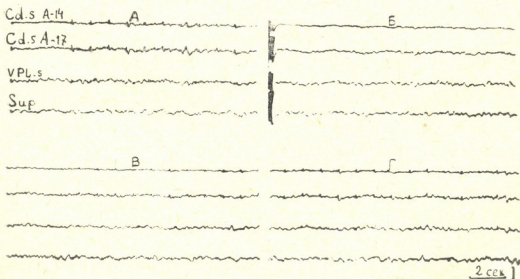
სურ. 2. კუდიანი ბირთვის პოტენციალები ნათხემის გალიზიანებისას. ღიზიანდება: კონტრალატერალური პარამედიალური წილი (A); იფსილატერალური პარამედიალური წილი (B) და ჭია (B). გალიზიანების ძალა 5V; კალიბრაცია—100  $\mu$ V დრო 50 მილისეკ.

გორც იფსილატერალური, ისე კონტრალატერალური პარამედიალური წილები და ჭია. კუდიან ბირთვში ნათხემის გალიზიანებით გამოწვეული პოტენციალები შედგება ორი უარყოფითი რხევისაგან: პირველი რხევა, —8—10 მილისეკუნდის ხანგრძლივობისა, აღმოცენდება 2—4 მილისეკუნდის ფარული პერიოდით, მეორე — რომლის აღმოცენების ფარული პერიოდი 8—10 მილისეკუნდია — დაახლოებით 35 მილისეკუნდის ხანგრძლივობისაა. ნუმბუტალის შეყვანის შემდეგ ნათხემის გალიზიანებით მიღებული კუდიანი ბირთვის პოტენციალები საგრძნობლად მცირდება და ბოლოს სრულიად ქრება.

კუდიანი ბირთვის საპასუხო პოტენციალების ურთიერთობის შესწავლისათვის აღმოჩნდა, რომ ქერქის იშვიათი გალიზიანების ვავლენით, პერიფერიული გალიზიანებით (კანის, მხედველობის ან სმენითი) გამოწვეული პოტენციალთა ამპლიტუდა იზრდება (სურ. 3); ხოლო თუ ქერქის გალიზიანების სიხშირე მაღალია (50-დან 100-მდე სეკ-ში), მაშინ პერიფერიული გალიზიანებით გამოწვეული პო-



სურ. 3. ქერქის გალიზიანების გავლენა კუდიანი ბირთვის გამოწვეულ პოტენცი-  
 ალებზე. კუდიანი ბირთვის პოტენციალები კონტრალატერალური წინა კედურის  
 გალიზიანებისას ქერქის სენსორიატორული უბნის გალიზიანებამდე (A) და გალი-  
 ზიანების შემდეგ (B). ქერქის გალიზიანების სიხშირე 6 სეკ-ში, ძალა 10 ვ, კალი-  
 ბრაცია  $500 \mu\text{V}$



სურ. 4. იგივე, რაც მე-3 სურათზე. ქერქის გალიზიანების სიხშირე 50 სეკ-ში,  
 ძალა 10 ვ. სურათზე ჩანს კანის გალიზიანებაზე კუდიანი ბირთვის პასუხების საგრ-  
 ძნობი დათრგუნვა ქერქის გალიზიანების გავლენით. კანის გალიზიანების პასუხ-  
 ბის აღდგენა ხდება მხოლოდ 30-40 სეკ-ის გავლის შემდეგ

ტენციალები თითქმის სრულად ითრგუნებიან ხანგრძლივი დროით (სურ. 4). ამ პოტენციალების აღდგენა ძლიერ ნელა წარმოებს; ნორმალურ სიდიდეს ისინი აღწევენ ქერქის გალიზიანების შეწყვეტიდან 30—40 სეკუნდის გავლის შემდეგ.

### მიღებული შედეგების განხილვა

როგორც მიღებული მონაცემებიდან ჩანს, დიდი ტვინის ქერქის სხვადასხვა უბნები დაკავშირებულია კუდიან ბირთვთან, რაც მტიკდება აგრეთვე სხვა ავტორების ანატომიური გამოკვლევებით [6]. ამ კავშირების გამო დიდი ტვინის ქერქს შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენა იქონიოს კუდიანი ბირთვის მოქმედებაზე. ეს შეეხება არა მარტო მოტორულ სფეროს, არამედ ამ ბირთვის აფერენტულ ფუნქციასაც. ამის სასარგებლოდ ლაპარაკობს კუდიანი ბირთვის საპასუხო პოტენციალების საგრძნობი ევლილება (გაადვილება ან დათრგუნვა) ქერქის გალიზიანების ზეგავლენით.

ქერქის გალიზიანებისას კუდიანი ბირთვის საპასუხო პოტენციალების უარული პერიოდის შედარებით მცირე სიდიდე (2—5 მილსეკუნდი) შეიძლება მიუთითებდეს კუდიან ბირთვთან პირდაპირი კავშირების არსებობაზე, განსაკუთრებით სენსომოტორული ქერქიდან. მაგრამ ამასთან ერთად შესაძლოა გავლენა სხვა ქერქქვეშა წარმონაქმნების გზითაც. არსებობს რიგი მონაცემები, რომლებიც მიუთითებენ იმაზე, რომ დიდი ტვინის ქერქი თავის მარეგულირებელ გავლენას ცენტრალური ნერვული სისტემის სხვა ნაწილებზე უნდა ახდენდეს ტვინის ღეროს ბადებრივი ფორმაციის გზით [12]. როგორც ჩანს, აქ დიდ როლს თამაშობენ აგრეთვე მხედველობის ბორცვების არასპეციფიკური ბირთვებიც. ამის სასარგებლოდ ლაპარაკობს პირველ რიგში ქერქის იშვიათი გალიზიანებისას კუდიანი ბირთვის საპასუხო პოტენციალების ხასიათი. ამ პირობებში კუდიან ბირთვში აღმოცენდება ისეთი პასუხები, რომლებიც დამახასიათებელია კორაქიკო-თალამური მრავალნეირონიანი წრეების ავზნებისათვის; ესაა ჩართვის რეაქციის ტიპის პასუხი *recruiting respons*, პოტენციალების პერიოდული გაზრდით და შემცირებით. მეორე — ქერქის გალიზიანების დროს კუდიანი ბირთვის პოტენციალების გაქრობა სანარკოზო ნივთიერების მცირე დოზით შეყვანის შემდეგ, როგორც ცნობილია, პოლისინაფსური გზები უაღრესად მგრძნობიარეა სანარკოზო ნივთიერებათა მიმართ, რომელთა შეყვანის შემდეგ ადგილი აქვს მათში ავზნების გატარების ბლოკირებას.

### დასკვნები

1. დიდი ტვინის ქერქი სხვადასხვა უბნების (ქერქის სენსომოტორული, პარიეტალური უბნები) იშვიათი გალიზიანებისას (1—2 სეკ-ში) კუდიან ბირთვში ხანმოკლე ფარული პერიოდის შემდეგ აღმოცენდება საპასუხო პოტენციალები. ქერქის გალიზიანებისას 6—15 სიხშირით სეკ-ში კუდიან ბირთვში აღმოცენდება ჩართვის რეაქციის ტიპის პოტენციალები.

2. ნათხემის პარამედალური წილებისა და ჭიის იშვიათი გალიზიანებისა კუდიანი ბირთვის იმავე უბნებში აღირიცხება გამოწვეული პოტენციალები.

3. პერიფერიული გალიზიანებით გამოწვეული კუდიანი ბირთვის პოტენციალები საგრძნობლად იცვლება ქერქის წინასწარი გალიზიანების გავლენით: ქერქის იშვიათი გალიზიანება (6—8 სეკ-ში) იწვევს ამ პოტენციალების გაზრდას, ხშირი (50—100 სეკ-ში) კი — დათრგუნვას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 17.8.1960)

დავოწმებული ლიტერატურა

1. D. Albe-Fessard, E. Oswaldo-Cruz et C. E. Rocha-Mirarda. Convergence vers le noyau cande de signaux d'origines corticale et hétérosensorielle. Etude unitaire de leurs interactions. J. Physiol., Paris, 50, 105—108, 1958.
2. C. E. Rocha-Miranda et D. Albe-Fessard. Convergences sensorielles aune niveaw du noyau caudé. XXI int. Congr. Physiol. Sci., Buenos-Aires, 1959, 231.
3. C. E. Rocha-Miranda, E. O. Cruz et D. Albe-Fessard. Some observations of the electrical activities of the caudate nuclei. XXI int. Congr. Physiol. Sci., Buenos-Aires, 1959, 231.
4. С. М. Бутхузи. Об афферентных связях хвостатого ядра. Сообщения АН ГССР т. XXVII, № 6, 1961.
5. D. Albe-Fessard. The integrative role of the basal nuclei. EEG Clin. Neurophysiol., 2, 370-371, 1959.
6. F. A. Mettler. Fiber connections of the corpus striatum of the monkey and Baboon. J. comp. Neurol., 82, 169-204, 1945.
7. P. Glees. The anatomical basis of cortico-striate connections, J. Anat., 78, 47-51, 1944.
8. T. P. S. Powell, W. M. Cowan. A study of thalamo-striate relations in the monkey. Brain, 79, 364-390, 1956.
9. J. G. Dusser de Barenne, H. W. Garol, W. S. McCulloch. Physiological neuronography of cortico-striatal connections. §Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis., 21, 246, 1942.
10. E. A. Spiegel, E. G. Szekely, W. W. Baker. Activation of the striopal lidum by diencephalic impulses. Fed. Proc., 15, №1, 572, 1956.
11. C. Ajmone-Marsan, M. Dilworth. Non-specific projective system of the thalamus and striate system. Electroencephalographic study. 3 rd int. EEG Congr. Suppl. 3, 1953, 85.
12. С. П. Нарикашвили, С. М. Бутхузи и Э. С. Мониава. Влияние коры больших полушарий на таламическую неспецифическую реакцию. Физиол. журн. СССР, 46, 653-653, 1960.



ფიზიოლოგია

მ. მონიავა

ჩონჩხის კუნთების ტონური და ტეტანური რეაქციების შესახებ ზურგის ტვინის რუნი ნივთიერების სხვადასხვა უზნების უშუალო ბალიზიანების დროს

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ს. ნარიკაშვილმა 22.1.1961)

დამტკიცებულად ითვლება, რომ არსებობს ორგვარი კუნთოვანი ბოჭკოები—ტონური და ტეტანური. მკვლევართა უმრავლესობა მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ამ კუნთოვანი ბოჭკოების მინერვირებული ნერვული ბოჭკოებიც უნდა განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან. მსხვილი ნერვული ბოჭკოები დაკავშირებული აღმოჩნდა ტეტანურ ფუნქციასთან, ხოლო წვრილი—ტონურთან [1,2]. ბოლოს ნაჩვენები იქნა აგრეთვე, რომ ტეტანური და ტონური აპარატის ნერვ-კუნთოვანი დაბოლოებანიც განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ზოგიერთი განსაკუთრებულობით [3].

აქედან გამომდინარე, ადვილი წარმოსადგენია ზურგის ტვინშიც ასეთი სპეციალიზირებული ნეირონების არსებობა, მითუმეტეს თუ მივიღებთ მხედველობაში იმას, რომ სპეციალიზირებული ნერვული ბოჭკოები, რომლებიც ამარაგებენ ტონურ და ტეტანურ კუნთოვან ბოჭკოებს წარმოადგენენ ზურგის ტვინის მამოძრავებელ ნეირონების პერიფერიულ მორჩებს. ამის შესახებ მრავალი ავტორის მიერ იქნა გამოთქმული აზრი, რომ ზურგის ტვინშიც უნდა არსებობდეს დიფერენცირება ტონურ და ტეტანურ ნეირონებად. ეს ნეირონები დაკავშირებული უნდა იყვნენ შესაბამის კუნთოვან ბოჭკოებთან და ამრიგად ქმნიდნენ სპეციალიზირებულ მოტორულ ერთეულს.

წინამდებარე შრომაში ჩვენ შევეცადეთ მოგვეცა ამ ავტორთა ნაფარადვე იზრების პირდაპირი ექსპერიმენტული დასაბუთება, რისი შედეგებიც ქვემოთ გვაქვს მოყვანილი.

მეთოდოკა

ცდები ტარდებოდა ბაყაყებზე. ვამზადდებით სპინალურ პრეპარატს. ერთი საათის შემდეგ სპინალურ ბაყაყს ვამაგრებდით სპეციალურ ხერხემლის არხის გასახსნელ დაზგაზე. ვსწნიდით ხერხემლის არხს მე-8—მე-9 სეგმენტების არეში. პროპრიოცეპტული იმპულსებისაგან თავიდან აცილების მიზნით უკანა ფესვები იკვეთებოდა. ზურგის ტვინის ლოკალური გალიზიანება (ლიზიანდებოდა მე-9—სეგმენტში) წარმოებდა რელაქსაციური გენერატორის იმპულსებით (ხანგრძლიობა 0,2—0,5 მსეკ.) სპეციალურად მომზადებული მიკროელექტროდების (რომელთა წვერის დიამეტრი არ აღემატებოდა 5 მიკრონს)



საშუალებით, რომელიც ზურგის ტვინში ჩაგვყავდა სპეციალური მიკრომანიპულატორით. შემოწმება იმისა თუ მიკროელექტროდის არა იაოლირებული წვერი ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების რომელ უბანში იმყოფებოდა, ხდებოდა შაიბელ-შაიბელის მეთოდით.

კომოგრაფზე იზოტონური წესით იწერებოდა ნახევრადმყესოვანი, თერძისა და თერძ-წვივის კუნთების შეკუმშვები.

### ცდების შედეგები და მათი განხილვა

ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების სხვადასხვა უბნის ლოკალური გალიზიანებით აღინიშნებოდა პერიფერიული ეფექტების სხვადასხვაობა, რითაც საშუალება გვეძლეოდა გვემსჯელა იმ უბნის ნეირონების ფუნქციაზე, რომლის გალიზიანებასაც ვაწარმოებდით.

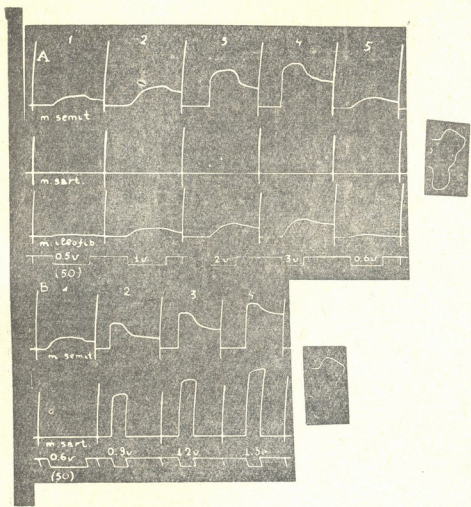
სურ. 1-ზე მოცემულია ბაყაყის ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების გვერდითი რქის ლოკალური გალიზიანებით მიღებული ეფექტი. როგორც სურათიდან (A მოგრაზა) ჩანს, კომოგრაფზე იწერება სამი კუნთის: ნახევრადმყესოვანი (ზემო მრუდე), თერძის (შუა) და თერძ-წვივის (ქვემო მრუდე, ტონური კონა) კუნთების შეკუმშვები. ყველა ცდებში გალიზიანების სიხშირე უცვლელია და უდრის წამში 50 კვეთებას. პირველ ცდაში 0,5 ვოლტის ძაბვით გალიზიანებისას, ნახევრად მყესოვან კუნთზე ვღებულობთ კარგად გამოხატულ ტონურ შეკუმშვას. დანარჩენი კუნთები გალიზიანების ამ ძალას შეკუმშვით არ პასუხობენ. მეორე ცდაში, როდესაც გალიზიანების ძალა გაზარდეთ (1 ვოლტი) ნახევრადმყესოვანი კუნთი კვლავ ტონურ შეკუმშვით პასუხობს. თერძ-წვივის კუნთის კონა აქ უკვე იძლევა კარგად გამოხატულ ტონურ შეკუმშვას; გალიზიანების შემდგომი გაზრდით 2—3 ვოლტამდე (მესამე და მეოთხე ცდა) ნახევრადმყესოვან და თერძ-წვივის კუნთებზე ვღებულობთ თანდათან მზარდ ტონურ შეკუმშვებს. მიუხედავად იმისა, რომ გალიზიანების ძალა საკმაოდ იზრდება თერძის კუნთის შეკუმშვები არ აღინიშნება (ცდა 3 და 4).

პისტოლოგოური კონტროლით დადგინდა, რომ ამ დროს მიკროელექტროდის წვერი იმყოფებოდა გვერდითი რქის წინა უბანში.

ვაშასადაღზე ამ უბნის სხვადასხვა ძალით გალიზიანების დროს მიიღება მხოლოდ ტონური კუნთოვანი ბოჭკოების კარგად გამოხატული ტონური შეკუმშვა. ტეტანური კუნთოვანი ბოჭკოები ამ დროს არ იკუმშებიან, თუ არ მივადებთ მხედველობაში ნახევრადმყესოვან კუნთზე ძლიერი გალიზიანების დროს (ცდა 3 და 4) შეკუმშვის დასაწყისში მიღებულ ტეტანურ შეკრთომას. უკანასკნელი კი გამოწვეული უნდა იყოს (რასაც ჩვენი შემდგომი ცდებიც ადასტურებენ) გალიზიანების წარტილთან ახლო მდებარე ტეტანური ნეირონების აგზნებით, რომლებამდეც მიაღწიეს დენის ნარყუფებმა ძლიერი გალიზიანების მომენტში.

მაშინ, როდესაც მიკროელექტროდის წვერი გვერდითი რქის უკანა უბანში იმყოფება და სუსტი ძალით (0,6 ვოლტი) გალიზიანების დროს მხოლოდ ნახევრადმყესოვან კუნთზე იძლევა შეკუმშვას, რომელიც ტონური ხასიათისაა (სურ. 1, მოგრაზა B, ცდა პირველი), გალიზიანების ძალის მცირე მომატებაც კი საკმარისია (0,9 ვოლტამდე), რათა მივიღოთ ნახევრადმყესოვან

კუნთზე შეოჯული (ორკომპონენტური) და თერძის კუნთზე ერთკომპონენტური—ტეტანური შეკუმშვა (ცდა 2). გალიზიანების ძალის შემდგომი მომატებით კი ორივე კუნთზე იზრდება იგივე ხასიათის შეკუმშვები (მე-3 და მე-4 ცდა). როგორც განხილული ცდებიდან ჩანს, როდესაც გალიზიანებთ გვერ-

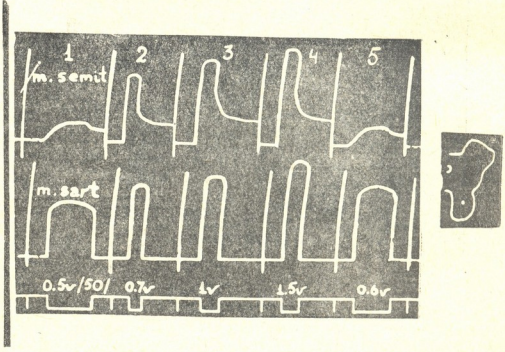


სურ. 1. A—ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების გვერდითი რქისგაღიზიანებით მიღებული ელექტრები: ზემო მრუდი—ნახევადმეცხოვანი კუნთის შეკუმშვები, ზეა მრუდი—თერძის კუნთი, ქვემო მრუდი—თქოაწვივის; B—ლიზიანდება გვერდითი რქის უკანა უბანი: ზემო მრუდი—ნახევრადმეცხოვანი კუნთის შეკუმშვები, ქვემო მრუდი—თერძის კუნთი (ყველა სურათის გვერდზე ნაჩვენებია სქემა, სადაც წერტილით აღნიშნულია ელექტროდის წვერის მდებარეობა. დაწვრილებით იხ. ტექსტში.)

დითი რქის წინა უბანს, მიუხედავად გალიზიანებული ძალის შედარებით ძლიერი მომატებისა ნახევრადმეცხოვან კუნთის შეკუმშვები ტონურ ხასიათს ატარებს. თუ მიკროელექტროდის წვერი გვერდითი რქის უკანა უბანში იმყოფება ყოველი ვის სუსტი (ზღურბლოვანზე ოდნავ ძლიერი) ძალით გალიზიანების ამითხვევაში აირველად თავს იიენს ნახევრადმეცხოვანი კუნთის ტონური შეკუმშვა. ემდგენი კი გალიზიანების ძალის მომატებით, ნახევრადმეცხოვან

კუნთზე შეკუმშვა ორკომპონენტია და ამასთანავე თერძის კუნთზე ტეტანური (ერთკომპონენტური) შეკუმშვები მიიღება. რაც უფრო მეტად ვშორდებით გვერდითი რქის წინა უბანს მით უფრო ნაკლები ძალაა საჭირო ტეტანური კომპონენტის ასამოქმედებლად.

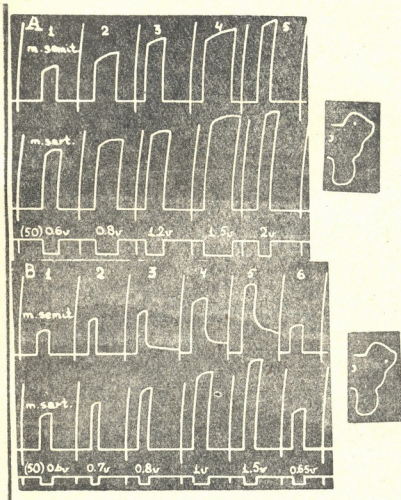
მაშასადამე, ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების გვერდითი რქის გაღიზიანების დროს ჯერ აიგზნებიან ამ უბანში არსებული ტონური ნეირონები, ხოლო ძალის მომატებით კი ხდება მეზობლად მდებარე ტეტანური ნეირონების ჩათრევა. ტეტანური ნეირონების ჩასათრევად იმისდამიხედვით თუ გვერდითი რქის რომელი უბანი ღიზიანდება, სხვადასხვა ძალაა საჭირო. გვერდითი რქის წინა უბნის გაღიზიანებისას, გაღიზიანების ძალის საკმაოდ მომატების დროსაც კი არ ხდება ტეტანური ბოჭკოების ამოქმედება, ხოლო მისი უკანა უბნების გაღიზიანების შემთხვევაში სულ მცირე ძალის (0,3) მომატებაა საჭირო რათა ჩაირთვეს ტეტანური ბოჭკოებიც. ეს ფაქტი პირდაპირ ლაბარაკობს იმის შესახებ, რომ ზურგის ტვინში არსებობს დიფერენცირება ტონურ და ტეტანურ ნეირონებად.



სურ. 2. ღიზიანდება ზურგის ტვინის უკანა რქა. (აღნიშვნება იგივე, რაც სურ. 1-ის მიოგრამაზე)

სურ. 2-ზე ნაჩვენებია რუხი ნივთიერების უკანა რქის გაღიზიანებით მიღებული ნახევრადმყესოვანი და თერძის კუნთების შეკუმშვები. სურათიდან ნათლად ჩანს, რომ ზღურბლოვანი გაღიზიანების (0,5 ვოლტი) დროს ნახევრადმყესოვან კუნთზე ტონურ შეკუმშვას ვღებულობთ, მაგრამ ამავე დროს თერძის კუნთიც იძლევა მისთვის დამახასიათებელ ტეტანურ შეკუმშვას (პირველი ცდა). ხოლო ძალის შემდგომი გაზრდით (მინიმალური ოდენობით—0,2 ვოლტით), ნახევრადმყესოვან კუნთზე ეფექტი ორკომპონენტური ხდება (მეორე

(ცდა), რომელშიც ჭარბობს ტეტანური კომპონენტი. ერთი შემხედვით ამ შემთხვევაშიც ისევე, როგორც გვერდითი რქის უკანა უბნის გალიზიანების დროს ტეტანური ნეირონების ჩართვა ხდება ძალის გაზრდის შემთხვევაში, თავიდან კი იგზნებიან ტონური ნეირონები (შერეული კუნთი). ეს ასეა, ჯერ ტონური ნეირონები იგზნებიან, მაგრამ განსხვავება გვერდითი რქის უკანა უბნის გალიზიანებასა და უკანა რქის გალიზიანებით მიღებულ ეფექტებს შორის იმაშია, რომ უკანა რქის გალიზიანების დროს თავიდანვე ზღურბლოვანი გალიზიანებისას თერძის კუნთი იძლევა კარგად გამოხატულ ტეტანურ შეკუმშვას და ამასთანავე ძალის მეორე მომატებით (0,2 ვოლტით) ნახევრად



სურ. 3. A—ლიზიანდება ზურგის ტვინის წინა რქა, აღნიშნები იგივე რაც სურ. 1-ის მიოგრამაზე; B—ლიზიანდება ზურგის ტვინის წინა რქის ლატერალური უბანი აღნიშნები იგივე, რაც წინა მიოგრამაზე)

შეესოვან კუნთზე უკვე ტეტანური კომპონენტი ჭარბობს—ტონურს. გვერდითი რქის უკანა უბნის გალიზიანებით კი, ზღურბლოვანი ძალის შემთხვევაში მხოლოდ ნახევრად შეესოვანი კუნთი იძლევა ტონურ შეკუმშვას და ძალის შემდგომი ზრდით კა ჭარბობს ტონური კომპონენტი.

ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების წინა რქის გაღიზიანებით მიღებული ეფექტები მოცემულია სურ.—3—ზე.

როგორც მე-3 სურათის A მიოგრამიდან ჩანს, აღნიშნული ადგილის გაღიზიანების დროს (გაღიზიანების წერტილი ნაჩვენებია სურათზე გვერდით).

ძალის ყველა სიდიდების შემთხვევაში (ზღურბლოვანიდან (0,6-დან—2 ვოლტამდე) როგორც თერძის, ისე ნახევრადმყესოვან კუნთზე ყოველთვის მიიღება ერთკომპონენტური—ტეტანური შეკუმშვები (1, 2, 3, 4, და ცდები). ეს ფაქტი, ჩვენი აზრით, მიუთითებს იმაზე, რომ ამ შემთხვევაში ღიზიანდება ის უბანი სადაც თავმოყრილია ტეტანური ნეირონები და გაღიზიანების აღნიშნულ ძალებს არ შეუძლიათ ააგზონ შედარებით დაშორებული ტონური ნეირონები. აქვე უნდა აღუნიშნოთ, რომ გვერდითი რქის გაღიზიანების დროს შერეულ კუნთზე ერთკომპონენტური სუკუთა ტეტანური შეკუმშვა არცერთ ცდაში არ მივიღია. ამავე სურათის B მიოგრამაზე მოცემულია წინა რქის სხვა უბნის გაღიზიანებით მიღებული შეკუმშვები. აირველ ორ ცდაში ნაჩვენებია სუსტი ძალით (0,6—0,7 ვოლტი) მიღებული ეფექტები, ამ შემთხვევაში ორივე კუნთზე ვლდებულობთ ტეტანურ შეკუმშვებს შემდეგ ცდებში (3, 4 და 5) ძალის თანდათან მომატებით ნახევრადმყესოვან კუნთზე მკლავნდება ტონური კომპონენტიც.

მაშასადამე, ამ დროს ელექტროდის წვერი იმყოფება წინა რქის ისეთ უბანში სადაც ტეტანური ნეირონებია და ზღურბლოვანი ძალით გაღიზიანება იძლევა მიკროელექტროდის ქვეშ მდებარე ტეტანური ნეირონების აგზნებას, ხოლო გაღიზიანების ძალის გაზრდით ჩაირთვებიან გვერდითი რქის წინა უბანში მდებარე ტონური მოტონეირონები და შესაბამისად ეფექტიც რთულდება.

ამგვარად, ზემოთ მოყვანილი ფაქტები პირდაპირი გზით ადასტურებენ მთელი რიგი ავტორების მიერ ნავარაუდევ შეხედულებებს იმის შესახებ, რომ ზურგის ტვინში უნდა არსებობდეს დიფერენცირება ტეტანურ და ტონურ ელემენტებად.

დასკვნები

1. ბაყაყის ზურგის ტვინის რუხ ნივთიერებაში არსებობენ როგორც ტეტანური, ისე ტონური ნეირონები.
2. ტონური ნეირონები ზურგის ტვინის რუხი ნივთიერების გვერდითი რქის წინა უბანში იყრიან თავს და ქმნიან ტონურ ცენტრებს, ხოლო ტეტანური ნეირონები უფრო მეტად კონცენტრირებული არიან წინა რქაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუხიდა 22.1.1961)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. E. K. Жуков. Исследование о тонусе скелетной мышцы. Медгиз, Л., 1956.
2. S. W. Küffler. The two skeletal nerve-muscle system in frog. Arch. exper. Pathol. u. Pharmacol., 220, 1953.
3. Н. К. Аристова. Некоторые особенности нервно-мышечных окончаний в так называемых двигательных приборах. Бюлл. эксп. биол. и мед., 33, 4, 1952.
4. P. Krüger. Tetanus und Tonus der quergestreiften Skelettmuskeln der Wirbeltiere und des Menschen. Leipzig, Akad. Verlag, 1952.



კლინიკური მაღივინა

3. შაბინიანი

არტერიული პიეზომბრაზიის მეთოდით ვაზომოტორული ინერვაციის ბანსაზღვრისა და ათეროსკლეროზის დიაგნოსტიკის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 16.8.1961)

ვაზომოტორული ინერვაციის გამოკვლევისა და პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრის მნიშვნელობა სისხლძარღვთა სისტემის დაავადების დროს ეჭვს არ იწვევს.

ა. მ ი ა ს ნ ი კ ო ვ ი ს ა და ი. პ უ ლ ს უ რ ი ს მიერ [1] პიეზოგრაფიის დახმარებით ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევებისა და კლინიკური დაკვირვებების საფუძველზე დამტკიცებულია, რომ არტერიების კარგი ელასტიკური მდგომარეობის დროს პულსური ტალღა ნელა ვრცელდება; არტერიათა ელასტიკურობის შემცირების, მათი კედლის გამკვრივების შემთხვევაში კი პულსური ტალღა ვრცელდება უფრო სწრაფად.

ასევე დადგენილია პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარება ათეროსკლეროზის, ჰიპერტონიული სნეულების და სიმპტომატური ჰიპერტონიების დროს [2].

ჩვენს მიერ ჩატარებულია საფეთქლისა და სხვიის არტერიების ვაზომოტორული ინერვაციის პიეზოგრაფიული გამოკვლევა საკუთარი კონსტრუქციის პიეზოგადამწოდის და ინჟინერ ფ. გ ე ტ მ ა ნ ი ს მიერ დამზადებული ელექტროკარდიოგრაფისა და სფიგმოგრამის შესაუღლებელი პიეზომისაბჯენის დახმარებით [3]. ჩაწერა წარმოებდა ერთაბჯენი ელექტროკარდიოგრაფზე ЭКГ-4М-ზე.

ამის პარალელურად ვსაზღვრავდით პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარეს ელექტროკარდიოგრაფისა და სფიგმოგრამის შეუღლების დახმარებით (ინტეგრალური მრუდი), წამის მეასედამდე სიზუსტით. ამ მიზნით ვზომავდით მანძილს ელექტროკარდიოგრაფის R კბილის მწვერვალთან სფიგმოგრამის პირველი ტალღის მწვერვალამდე (სფიგმოგრამის პირველი ტალღა მოწმობს პულსური ტალღის მისვლას, მიღწევას პიეზოგადამწოდის აპლიკაციის ადგილთან, რაც შეესაბამება პულსური ტალღის გავრცელების დროს). R-ა (ა—არის პიეზოტალღის ანაკროტა) ინტერვალს ვაკლებდით 0,02 წამს (დრო გულის აგზნებიდან მის შეკუმშვამდე).

ამ გამოკვლევებმა საშუალება მოგვცა გვეწარმოებინა გულისა და სისხლძარღვების მექანიკური ენერჯის ერთიანი ანალიზი, გამოგვეთვალა პულსური ტალღის გავრცელების ნამდვილი, ჰეშმარტი სიჩქარე. გულის აგზნებადობისა და გამტარობის პროცესთა დარღვევის გამორიცხვის მიზნით ჩვენ ვახდენდით აგრეთვე ელექტროკარდიოგრაფიული მონაცემების აღრიცხვას.

პიეზოგრაფიული გამოკვლევა ჩატარდა 123 კაცს, მათ შორის მამაკაცი იყო 118, ქალი — 5. ყველა მათგანმა გაიარა წინასწარი კლინიკური გამოკვლევა.

გამოკვლევულ პირთა განაწილება ასაკის მიხედვით მოცემულია 1 ცხრილში, სადაც ისინი დაყოფილი არიან ორ ჯგუფად: პირველ ჯგუფში შედის 92 ავადმყოფი, მეორე ჯგუფში — 31 ჯანმრთელი, რომლებსაც არავითარი ჩივილი არ ჰქონდათ (საკონტროლო ჯგუფი).

ცხრილი 1  
გამოკვლევულ პირთა განაწილება ასაკის მიხედვით

ჯგუფები	ასაკი (წლებში)	გამოკვლევულ ავადმყოფთა რაოდენობა	საკონტროლო ჯგუფი
I	20—29	42	20
II	30—39	15	4
III	40—49	12	4
IV	50—59	20	2
V	60—69	3	1

მაგრამ, როგორც ამას მე-2 ცხრილი გვიჩვენებს, საკონტროლო ჯგუფის 9 „ჯანმრთელ“ პირს, რომლებიც II—V ასაკობრივ ჯგუფებში შედიან, პიეზოგრაფიული გამოკვლევების შედეგად აღმოაჩნდა პათოლოგიური ძვრები, რაც გამოხატული იყო ვაზომოტორული ინერვაციის დარღვევით და პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარებით.

ცხრილი 2  
გამოკვლევულ ჯანსაღ პირთა პიეზოგრაფიული მონაცემები (საკონტროლო ჯგუფი)

ჯგუფები	ასაკი (წლებში)	გამოკვლევულ პირთა რაოდენობა	პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარე წამებში		ვაზომოტორული მოშლილობა		ვაზომოტორულ მოშლილობათა აოხებობა	
			საფეთქლის არტერია	სხივის არტერია	საფეთქლის არტერია	სხივის არტერია	საფეთქლის არტერია	სხივის არტერია
I	20—29	20	0,15—0,17	0,21—0,23	0	0	20	20
II	30—39	4	0,12—0,17	0,18—0,20	2	2	2	2
III	40—49	4	0,11—0,14	0,18—0,21	4	4	0	0
IV	50—59	2	0,11—0,13	0,18—0,20	2	2	0	0
V	60—69	1	0,10	0,17	1	1	0	0
სულ	31	31	0,10—0,17	0,17—0,23	9	9	22	22

მე-3 ცხრილში მოყვანილია სხვადასხვა ასაკობრივი ჯგუფის ავადმყოფებში, ერთი მხრივ, საფეთქლის და სხივის არტერიების ვაზომოტორული ინერვაციისა და, მეორე მხრივ, პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარის გამოკვლევების მონაცემები. აქ დემონსტრირებულია, აშკარად არის ნაჩვენები ასაკის მატების გავლენა გამოვლინებულ ვაზომოტორულ მოშლილობათა სინდრომზე და პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარებაზე, რაც, როგორც ჩანს, დამოკიდებული უნდა იყოს ასაკთან დაკავშირებულ ქერქული დინამიკის ძვრადობის დაქვეითებაზე და სისხლძარღვების ათეროსკლეროზულ ცვლილებებზე.

ცხრილი 3

გაფრთხილება	საკისის (წლმ-მმ)	გამოკვლეულ ავადმყოფთა რაოდენობა	პულსული ტალღის გავრცელების სიჩქარე წამებში		ვაზომოტორული მოშლილობები		ვაზომოტორულ მოშლილობათა არარსებობა	
			საფეთქლის არტერია	სხივის არტერია	საფეთქლის არტერია	სხივის არტერია	საფეთქლის არტერია	სხივის არტერია
I	20-29	42	0,15-0,21	0,21-0,26	42	35	0	7
II	30-39	15	0,12-0,21	0,18-0,20	15	10	0	5
III	40-49	12	0,12-0,15	0,18-0,20	12	8	0	4
IV	50-59	20	0,08-0,12	0,16-0,18	20	10	0	10
V	60-69	3	0,08-0,11	0,13-0,17	3	3	0	0
სულ		92	0,08-0,21	0,13-0,26	92	66	0	26

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ყველა 92 გამოკვლეულ ავადმყოფს საფეთქლის არტერიაზე და 66-ს სხივის არტერიაზე აღენიშნებოდა ვაზომოტორული მოშლილობები — საფეთქლის არტერიაზე რხევათა გასაქანის მკაფიო დაქვეითებით და სხივის არტერიაზე მისი მომატებით (პარადოქსული რეაქცია) გონებრივი დატვირთვის დროს, საწინააღმდეგოდ მე-2 ცხრილში მოცემული 22 ავადმყოფის ნორმალური სისხლძარღვოვანი რეაქციისა, რომელიც გამოხატული იყო გონებრივი დატვირთვის დროს საფეთქლის არტერიაზე რხევათა მომატების და სხივის არტერიაზე რხევათა დაქვეითების სახით (ნორმალური რეაქცია ა. გრინშტეინის მიხედვით [4]).

ნორმალური სისხლძარღვოვანი რეაქციის მაგალითი ილუსტრირებულია შემდეგით: გამოსაკვლევი პირი ქ., 22 წლის; არავითარ ჩივილს არ გამოთქვამს. ჩვენ მიერ გადიდებულ ჰიპertოზიამებზე (საფეთქლის ორივე და სხივის მარცხენა არტერიების გამოსავალი ფონი) მოკლე სისტოლური პლატო არახანგრძლივი სისტოლური შემადლებითა და დაბალი განიერი არეკლილი ტალღით მიუთითებს სისხლძარღვების სუსტ პერიფერიულ წინააღმდეგობაზე და კარგ ელასტიკურობაზე. რხევათა გასაქანი საფეთქლის არტერიებში, განსაკუთრებით მარჯვენაში, ზეპირი დათვლის დროს მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ინტეგრალური ელექტროკარდიო-სფიგმოგრამა მარცხენა საფეთქლის არტერიაზე უდრის 0,17 წამს, 0,15 წამის შესწორებით (ნორმა უდრის 0,15—0,17 წამს), მარცხენა სხივის არტერიაზე — 0,24 წამს, 0,22 წამის შესწორებით (ნორმა უდრის 0,21—0,23 წამს). ნეიროციკლატორული დისტონიით ყველა 31 ავადმყოფში (ცხრილი 4) არტერიოპიეზოგრაფიულად გამოვლინებული ვაზომოტორული მოშლილობები მიუთითებს ამ მეთოდის მნიშვნელობაზე, რომელიც ხშირად ერთადერთ ობიექტურ სიმპტომს წარმოადგენს მოცემული დავადების შემთხვევებში, როდესაც ავადმყოფთა მრავალგვარი გაურკვეველი ჩივილი ჩვეულებრივი ობიექტური გამოკვლევებით არ დასტურდება.

მოვიყვანთ მაგალითს.

ავადმყოფი 20 წლის, დიაგნოზი — ნეიროციკლატორული დისტონია აღინიშნება ვაზომოტორული მოშლილობები, გამოხატული რხევათა გასაქანის



ცხრილი 4

დიაგნოზი	გამოკვლეულ პირთა რაოდენობა	პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარე წაებში		ვაზომოტორული მოშლილობები		ვაზომოტორულ მოშლილობათა არარსებობა	
		საფეთქლის არტერია	სხვის არტერია	საფეთქლის არტერია	სხვის არტერია	საფეთქლის არტერია	სხვის არტერია
ჯანსაღი პირები . . . . .	22	0,15—0,17	0,21—0,23	0	0	22	22
ნეიროციკულატორული დისტონია . . . . .	31	0,15—0,21	0,21—0,26	31	22	0	9
ჰიპოტონიული დაავადება ათეროსკლეროზული კარდიოსკლეროზი	19	0,11—0,13	0,18—0,19	19	15	0	4
თავის ტვინის სისხლძარღვთა ათეროსკლეროზი	29	0,11—0,14	0,18—0,20	29	18	0	11
სულ	123	0,08—0,21	0,13—0,25	101	75	22	48

დაქვეითებით საფეთქლის ორივე არტერიაზე და ტაქიარითმიით საფეთქლის მარცხენა არტერიაში — მეორე სასიგნალო სისტემის გალიზიანების პასუხად (პარადოქსული რეაქცია).

ნეიროციკულატორული დისტონიით 31 ავადმყოფიდან 7 შემთხვევაში გამოვლინებულია პულსური ტალღის გავრცელების აშკარად გამოხატული შენელება საფეთქლის არტერიაზე — 0,18—0,21 წამი ნორმალური ფარგლებას (0,15—0,17 წამის) ნაცვლად და სხვის არტერიაზე — 0,24—0,26 წამი ჩვენს მასალაზე აღნიშნული საშუალო ციფრების (0,21—0,23 წამის) ნაცვლად, რაც, როგორც ჩანს, შეიძლება დაუკავშიროთ მოცემულ ავადმყოფებში სენზორულა და მოტორული ქრონაქსიის შენელებას და რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს ნეიროციკულატორული დისტონიის ქერქულ გენეზს.

ჩვენ მიერ „შეუპოვარი თავის ტკივილის“ შეტევების დროს რეგისტრირებულმა არტერიოპიეზოგრამამ (ავადმყოფი ა., 34 წლისა) გვიჩვენა საფეთქლის არტერიებში რხევათა გასაქანის მკვეთრად გამოხატული ასიმეტრია; ოსცილაციის დაბალი ამპლიტუდა საფეთქლის მარცხენა არტერიაში — სპაზმი კომპენსირდება საფეთქლის მარჯვენა არტერიაში რხევათა დიდი გასაქანით, რომელიც 2-ჯერ ჭარბობს რხევათა გასაქანს სხვის არტერიებში.

ჰიპერტონიული დაავადებით (ძირითადად II სტადიისა) შეპყრობილ 19 ავადმყოფს აღენიშნებოდა პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარება 0,11-დან 0,13 წამამდე საფეთქლის არტერიაზე და 0,18-დან 0,19 წამამდე სხვის არტერიაზე, რაც, ალბათ, აიხსნება სისხლძარღვის კედლის დაკიმულობის მომატებით. ვაზომოტორული მოშლილობების არსებობა დადგენილია ყველა 19 შემთხვევაში საფეთქლის არტერიაში და 13 შემთხვევაში სხვის არტერიაში (ცხრილი 4).

განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ათეროსკლეროზული კარდიოსკლეროზით და თავის ტვინის სისხლძარღვთა ათეროსკლეროზით ავადმყოფთა ჯგუფები. მე-4 ცხრილში ნაჩვენებია პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარება

განსაკუთრებით საფეთქლის არტერიაზე, რაც, როგორც ჩანს, დაკავშირებულია ათეროსკლეროზისათვის დამახასიათებელ არტერიების კედლის გამკვრივებასთან. თავის ტვინის სისხლძარღვთა ათეროსკლეროზით ავადმყოფთა ჯგუფში პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარების ზღვარი აღწევდა 0,08 წამამდე საფეთქლის არტერიაზე (ნაცვლად ნორმისა — 0,15—0,17 წამისა), რაც შეიძლება გამოდგეს ათეროსკლეროზის დამაჯერებელ ობიექტურ ნიშნად. უკანასკნელი ორი ჯგუფის თითქმის ყველა ავადმყოფს აღენიშნებოდა პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარების შეუღლება ვაზომოტორულ მოშლილობებთან.

ვაზომოტორული ინერვაციისა და პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარის მდგომარეობა გულ-სისხლძარღვთა სისტემის სხვადასხვა დაავადების დროს ნაჩვენებია მე-4 ცხრილში.

მე-4 ცხრილში წარმოდგენილ ავადმყოფთა ორი უკანასკნელი ჯგუფის საილუსტრაციოდ მოგვყავს ორი შემთხვევა. პირველ შემთხვევაში რეგისტრირებულია ავადმყოფ კ-ს საფეთქლის ორივე და სხვიის მარცხენა არტერიების დიფერენციული არტერიოპიეზოგრამა და ინტეგრალური ელექტროკარდიო-სფიგმოგრამა. ავადმყოფი 56 წლისა, დიაგნოზი — ათეროსკლეროზული კარდიოსკლეროზი, ჰიპერტონიული დაავადება II სტადიაში (მცდარი ინტერპრეტაციის თავიდან ასაცილებლად ელექტროკარდიო-სფიგმოგრამა გადაღებულია საფეთქლის მარცხენა და სხვიის მარცხენა არტერიებში იმპულსთა ნებისმიერად შეცვლილი პოლარობის პირობებში).

ორივე საფეთქლის არტერიაში მკვეთრი, ძლიერი სისტოლური შემადლება დამრეცი დიასტოლური თავკვეთი, რომელიც კმნის ფართო პლატოს, მიუთითებს პერიფერიული წინააღმდეგობის გადიდებაზე ქალასშიდა არტერიების სისტემაში, სადაც სისხლძარღვთა ელასტიკურობის დაქვეითებას ადასტურებს აგრეთვე მაღლა განლაგებული არეკლილი ტალღა. ძლიერი, მკვეთრი სისტოლური შემადლება და დამრეცი დიასტოლური თავკვე დაბლა განლაგებული არეკლილი ტალღით სხვიის არტერიაზე მიუთითებს სისხლმომოქცევის დიდი წრის სისხლძარღვების სუსტ პერიფერიულ წინააღმდეგობაზე და მათ მიერ ჯერ კიდევ შენარჩუნებულ ელასტიკურობაზე. რეგისტრირებულია მეორე სასიგნალო სისტემის გალიზიანების პასუხად რხევათა გასაქანის მკაფიო დაქვეითება საფეთქლის ორივე არტერიაში — რხევათა ამპლიტუდის გადიდებით სხვიის მარცხენა არტერიაში.

ელექტროკარდიო-სფიგმოგრამა: პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარე საფეთქლის ორივე არტერიაზე უდრის 0,11 წამს (ნორმა — 0,15—0,17 წამი), სხვიის მარცხენა არტერიაზე — 0,18 წამს (ნორმა — 0,21—0,23 წამი).

ავადმყოფი დ., 64 წლის, დიაგნოზი — ათეროსკლეროზული კარდიოსკლეროზი სისხლმომოქცევის პირველი ხარისხის უკმარისობით, ჰიპერტონიული დაავადება II სტადიაში, თავის ტვინის სისხლძარღვთა ათეროსკლეროზი. არტერიოპიეზოგრამად გამოავლინა პულსური ტალღის გავრცელების მკვეთრად გამოხატული აჩქარება საფეთქლის ორივე არტერიაზე (0,08 წამი ნაცვლად ნორმისა — 0,15—0,17 წამისა) ვაზომოტორული ინერვაციის დარღვევით, აგრეთვე

პულსური ტალღის გავრცელების აჩქარება სხივის მარცხენა არტერიაზე (0,13 წამი ნაცვლად ნორმისა — 0,21—0,23 წამისა).

არტერიული პიეზოგრაფიის მონაცემები დაბეჭითებით მიუთითებს კიდურთა პერიფერიული სისხლძარღვებისა და ქალასშიდა სისხლძარღვების კედლების გამკვრივებაზე.

### დასკვნები

1. არტერიული პიეზოგრაფიის მეთოდი შეიძლება წარმატებით იქმნეს გამოყენებული პერიფერიული არტერიების ვაზომოტორული ინერვაციის განსასაზღვრავად მეორე სასიგნალო სისტემის გაღიზიანების დახმარებით. ეს შესაძლებლობას გვაძლევს განვსაზღვროთ ძვრები სისხლის გადანაწილებაში თავის ტვინის სისხლძარღვებსა და სხეულის დანარჩენ ნაწილთა სისხლძარღვებს შორის.

2. ინტეგრალური ელექტროკარდიო-სფიგმოგრაფიის დახმარებით პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრის მონაცემებს მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს სხვა გამოკვლევათა (ბიოქიმიური გამოკვლევები — სისხლის ლიპიდებისა, რენტგენოლოგიური გამოკვლევები — მსხვილი სისხლძარღვებისა და სხვ.) შედეგებთან ერთად. ისინი საშუალებას გვაძლევს გამოვავლინოთ ზოგიერთ შემთხვევაში ათეროსკლეროზი ლოკალურად, ანუ რეგიონარულად.

3. 123 პირის არტერიოპიეზოგრაფიული გამოკვლევის მასალის შესწავლამ გარკვეული წარმოდგენა მოგვცა ასაკის გავლენის შესახებ პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარეზე. ეს მეთოდი საშუალებას გვაძლევს გამოვავლინოთ ათეროსკლეროზის ადრეული ფორმები.

4. ნეიროციკულატორული დისტონიის დიაგნოსტიკაში ვაზომოტორულა მოშლილობები, რომელთა გამოვლინება ხდება არტერიული პიეზოგრაფიის მეთოდით მეორე სასიგნალო სისტემის გაღიზიანების პირობებში, შეიძლება წარმოდგენდეს ერთადერთ ობიექტურ სიმპტომს ამ დაავადების კორტიკო-ვეგეტატიურ სინდრომში.

5. სისხლძარღვოვანი პათოლოგიის დიაგნოსტიკაში არტერიული პიეზოგრაფიის ეფექტური გამოყენებისათვის საჭიროა 3 სახის გამოკვლევის ჩატარება: არტერიოპიეზოგრაფიის მრუდის, ვაზომოტორული ინერვაციისა და პულსური ტალღის გავრცელების სიჩქარის შესწავლა.

367-ე საოლქო სამხედრო ჰოსპიტალი

(რედაქციას მოუვიდა 16.8.1961)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ю. Т. Пущкарь. Диагностика атеросклероза при помощи метода артериальной пнемографии. В сб. „Атеросклероз и коронарная недостаточность“. Медгиз, 1956.
2. М. Н. Хвиливицкая и др. О некоторых клинических методах определения функциональных свойств аорты. Тер. архив, 6, 1929.
3. Ф. Ф. Гетман. Входная избирательность электрокардиографов к сопротивлению в цепи объекта причина искажения биопотенциалов. Врач. дело, 5, 1952; Новый метод регистрации тонуса артерий (артериопнемография). Врач. дело, 7, 1956.
4. А. М. Гринштейн и др. О методах изучения вазомоторной иннервации о клинике. Клин. медицина, 9, 1954.



კლინიკური მდიცინა

თ. საბაშვილი

შეუთავსებელი უცხო ჭგუფის სისხლის გადასხმა ფილტვისა და პლევრის ჩირკოვანი დაბავადებების დროს

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. წულუკიძემ 2.10.1960)

შეუთავსებელი უცხო ჭგუფის სისხლის გადასხმამ, რომელიც არასპეციფიკური პროთეინოთერაპიის ერთ-ერთ მეთოდს წარმოადგენს, გამოყენება ჰოვა რიგი დაავადების დროს.

დადგენილია, რომ ამგვარი სისხლის გადასხმას თერაპიული დოზებით ჯერ ჰემოლიზური შოკი მოსდევს, რომლის ინტენსივობა და ხანგრძლივობა რიგი მიზეზებით განისაზღვრება, შემდეგ კი სტიმულაციური მოქმედება იწყება.

ჯერ კიდევ 1901 წელს ბირი ტუბერკულოზური პროცესების დროს უსხამდა ავადმყოფებს ადამიანის სისხლთან შეუთავსებელსავე ჰეტეროგენულ (ხზოს) სისხლს 25 სმ<sup>3</sup> რაოდენობით და იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ასეთი სისხლის გადასხმა ნივთიერებათა ცვლის სტიმულაციას ახდენს.

აზრი, რომ სამკურნალოდ ადამიანის შეუთავსებელი უცხო ჭგუფის სისხლი გადაესხათ, 1932 წელს ჰემატოლოგიისა და სისხლის გადასხმის ცენტრალურ ინსტიტუტში დაიბადა. ამის საბაზად ის შემთხვევა გახდა, რომ დასახელებული ინსტიტუტის ქირურგიულ განყოფილებაში (გამგე—პროფ. ს. სპასოკუკოცი) მეტად დასუსტებულ კუპისწყულთან ავადმყოფს, რომელსაც O(I) ჭგუფის სისხლი ჰქონდა, შეცდომით 250 სმ<sup>3</sup> A (II) ჭგუფის სისხლი გადაუსხეს. თუმცა ამის გამო ავადმყოფს მძიმე ჰემოლიზური შოკი დაემართა, მომდევნო დღეებშივე მისი მდგომარეობა საგრძნობლად გაუმჯობესდა.

შემდგომი გამოკვლევების შედეგად ინსტიტუტში დაიწყო შეუთავსებელი უცხო ჭგუფის სისხლის გადასხმა ისეთი სულ სხვადასხვაგვარი დაავადების დროს, რეგორსაც ლიმფადენიტი, ტროფიკული და უბრალო წყლულები, ოსტეომიელიტი, მოყინვა, ართრიტი, ტენდოვაგინიტი, მწვანე და ქრონიკული სექტიკური პროცესები და სხვა წარმოადგენს.

„უცხო ჭგუფის სისხლის სახით ხელთა გვაქვს საშუალება, რომელიც აუცილებლად და შესაძლებლად მოქმედებს, ჩვენთვის გასაგები ჰემოლიზის ფორმით გვევლინება და ამიტომ რაციონალურია“. „ჩვენ გადავწყვიტეთ სისტემატურად გამოგვეყენებინა ეს ძალა, სასიკვდილო, როცა დიდი დოზებით იმპარება, და მცირე დოზის დროს კი, როგორც ჩანს, მაკურნებელი“.—წერდა ს. სპასოკუკოცი აღნიშნული შემთხვევის გამოქვეყნებასთან დაკავშირებით [8].

აღნიშნული მეთოდი თანდათანობით გასცილდა ინსტიტუტის ფარგლებს. მაგრამ თბილისის სახელმწიფო ექიმთა დახელოვნების ინსტიტუტის I ქირურგულ კლინიკაში (გამგე—სსრ კავშირის მედიცინის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი ნ. ანთელავა) ჰემოთერაპიის ამ სახის გამოყენება იმდაგვარივე შემთხვევის გამო დავიწყეთ, როგორც ჰემატოლოგიისა და სისხლის გადასხმის ცენტრალურ ინსტიტუტში მომხდარა, ე. ი. შეუთავსებელი უცხო ჭვუფის სისხლის გადასხმა პირველად ჩვენთანაც შეცდომის ბრალი იყო: როგორც შემდეგ გამოიჩვენა, ავადმყოფისათვის, რომლის სისხლიც O(I) ჭვუფს ეკუთვნოდა, თურმე A (II) ჭვუფის სისხლი გადაესხათ. აი ამ შემთხვევის შესახებ აუცილებელი ცნობებიც.

ავადმყოფ მ-ს (28 წლისა) გაუკეთდა მარჯვენა ფილტვის ქვემო წილის პნევმოტომია აბსცესის გამო. ოპერაციის შემდგომი პერიოდი მძიმეა:  $1^{\circ}$  —  $39^{\circ}$ — $40^{\circ}$ ; ავადმყოფი ძალიან სუსტადაა, აპათიურია. გულ-სისხლძარღვთა სისტემის მდგომარეობა ხშირად მოითხოვს გულის საშუალებათა გამოყენებას. კრილობის უხვ გამოჩენის ძლიერი სუნი სდის. ავადმყოფის მდგომარეობის პიხედვით მიზანშეწონილი იყო სისხლის გადასხმა. როგორც კი ნიდაყვის ვენაში დაახლოებით 10 სმ<sup>3</sup> სისხლი შეუშვეს, ავადმყოფი ცუდად გახდა. თავი იჩინა ჰემოლიზური შოკის მოვლენებმა: ავადმყოფს შეეცყო პირისახისა და კისრის პიბეთერმია, რომელიც მალე ციანოზით შეიცვალა; სუნთქვა გაუძნელდა, ასტკედა გულმკერდისა და წელის მიდამო, შეუსუსტდა გულის მუშაობა და ა. შ. სულ მალე დაეწყო ძლიერი შემცივნება, რომელმაც ოროდღე საათს გასტანა. მთელი დამე  $1^{\circ}$   $40^{\circ}$ — $41^{\circ}$ -ს არ ჩამოსცილებია; ავადმყოფი ბორბავდა და ბოდავდა მაგრამ მეორე დღითვე მას მკვეთრი გამოჩოვინება შეეცყო:  $1^{\circ}$   $37,3^{\circ}$ -მდე დაეშვა, მაჯა იყო 80-82 წუთში, დამაკმაყოფილებელი ავსების, რიტმული. შემდგომ ავადმყოფის მდგომარეობა თანდათან სულ უფრო უმჯობესდებოდა; მადა მოუვიდა, ჩირქოვანი გამოჩენი შემცირდა, კრილობა სწრაფად სუფთავდებოდა. მეოქვსმეტე დღეს ავადმყოფი გაეწერა დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში.

აღწერილმა შემთხვევამ საფუძველი მოგვცა გამოგვეყენებინა შეუთავსებელი უცხო ჭვუფის სისხლის გადასხმა როგორც სამკურნალო მეთოდისა ფილტვისა და პლევრის ჩირქოვანი დაავადებების დროს.

ჩვენ ვიყენებდით მას ოპერაციის შემდგომ ხანაში: 8-ჯერ — პლევრის ჩირქოვანი დაავადების დროს და 12-ჯერ — ფილტვის აბსცესის შემთხვევაში. შეუთავსებელი უცხო ჭვუფის სისხლს ვუსხამდით ავადმყოფს თითოჯერ (დოზა — 5 სმ<sup>3</sup>-მდე).

უმეტეს შემთხვევაში სისხლის გადასხმას თან სდევდა ჰემოლიზური შოკი სხვადასხვა ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის მოვლენებით. ამის გამომვლელ ავადმყოფებს ისეთი ძლიერი შიში გამოყვათ, რომ შემდგომ ვეღარც ერთი ვერ დავითანხმეთ განმორებით გადასხმაზე, რასაც ამ წესის გამოყენებელი ავტორები გვიჩვენებენ. მომდევნო დღეებში აღინიშნებოდა ჰემოგლობინურია; ურობილინის რაოდენობა შარდსა და განავალში რამდენადმე მატულობდა; ჰემოგლობინის შემცველობა სისხლში დაქვეითდა.

ამრიგად, თვალწინ იყო ჰემოლიზის სურათი, მაგრამ შემდგომ ავადმყოფ-ის საერთო მდგომარეობა მომეტებულად უმჯობესდებოდა.

ზოგადად შევეხებით შეუთავსებელი უცხო ჯგუფის სისხლის გადასხმის ზოგ სხვა შემთხვევას, რომელთა შესახებაც ცნობა მოგვეპოვება. მ. ი შ ა ნ ო ვ ა და ა. ტ ი ლ ი ს ი [1] ასეთ სისხლს უსხამდნენ ენდარტერიტით დაავადებულებს, ერთდროულად წარმოებდა მათი სისხლძარღვოვანი რეფლექსების შესწავლა. მიღებულ თერაპიულ ეფექტს ეს ავტორები იხილავენ თავის ტვინის დიდ ჰემისფეროებში შეკავების პროცესის განვითარების თვალსაზრისით.

ასეთივე მკურნალობას ამ დაავადების დროს მიმართავდნენ ბელორუსიის სამედიცინო ინსტიტუტის ჰოსპიტალური ქირურგიის კათედრაზე და ბელორუსიის სისხლის გადასხმისა და ჰემატოლოგიის ინსტიტუტში. შედეგები მათაც დამაკმაყოფილებელი მიიღეს. ზ. ს ო ს ო ნ კ ი ნ ი გვიჩვენებს, სიფრთხილეს ამ მძლეობის საშუალების გამოყენებისას და აღნიშნავს, რომ მას მძიმე რეაქციები არ მიუღია, რადგან სისხლის გადასხმას თანდათანობით და მცირე დოზებით აწარმოებდა.

ნ. ჩ უ გ უ ნ ო ვ ი [2], რომელიც იმავე მეთოდს ხანგრძლივად შეუხორცებელი ჰრილობების, წყლულოვანი დაავადებისა და სხვა სნეულებათა სამკურნალოდ იყენებდა, გამოთქვამს აზრს, რომ რეაქციის ინტენსივობა დაკავშირებულია გადასხმული სისხლის დოზასა და იმასთან, თუ რა ხანმა განვლო დონორისაგან სისხლის აღების შემდეგ.

ზ. სოსონკინისა და ნ. ჩუგუნოვის მოსაზრებანი შოკის ინტენსივობის განმპირობებელი მიზეზების თაობაზე მხოლოდ უახლოეს ფაქტორებს ასახავს და, რასაკვირველია, მოვლენის რამოდენადმე სრულ ახსნას არ იძლევა.

ბ. პ ე ტ რ ო ვ ს კ ი ს [3] მიხედვით, რეაქციის ინტენსივობა დამოკიდებულია ავადმყოფის ორგანიზმის ინდივიდუალური თავისებურების, გადასხმული სისხლის აგლუტინაციის ტიტრსა და სხვა ფაქტორებისაგან.

ორგანიზმის რეაქციაში უდიდეს როლს ასრულებს ცენტრალური ნერვული სისტემა, რომელსაც ნერვიზმის ფუძემდებლები ს. ბოტკინი და ი. პავლოვი ყველა იმ ცვლილებებში ანიჭებდნენ წამყვან როლს, რაც კი ორგანიზმში მიმდინარეობს.

ა. ბ ა ლ დ ა ს ა რ ო ვ ს ა და მ. დ უ ლ ც ი ნ ს [4] გადასხმული სისხლის მოქმედების მექანიზმში გადამწყვეტად სწორედ ცენტრალური ნერვული სისტემის საპასუხო რეაქცია მიაჩნიათ. ისინი აკავშირებენ ცენტრალური ნერვული სისტემის მდგომარეობასთან ყველა ჰუმორალური გამოვლინების ხასიათსა და ინტენსივობას, მათ შორის კოლოიდოკლაზის მოვლენებსაც. მართალია, ა. ბოგომოლევი ცდებოდა, როცა კოლოიდოკლაზიას იმ რთული ბიოლოგიური რეაქციის თავდათავ მიზეზად იხილავდა, რომელსაც სისხლის გადასხმა რეციალენტის ორგანიზმში იწვევს ხოლმე, მაინც იგი ჰემოთერაპიის მოქმედების მექანიზმში მნიშვნელოვან როლს წარმოადგენს.

ლიტერატურაში მოიპოვება ცნობები, რომლებიც ა. ბ ა ლ დ ა ს ა რ ო ვ ს ა და მ. დ უ ლ ც ი ნ ს აზრის სასარგებლოდ მოწმობს. მაგალითად, ბ. ხ რ ო მ ო ვ ი წერს, რომ ავადმყოფებს, რომელთაც შეუთავსებელი სისხლი ნარკოზის

მდგომარეობაში გადაესხა, პოსტრანსფუზიური რეაქციის კლინიკური გამოვლინება არ შესტყობიათ.

აღწერილია შემთხვევები, როდესაც ღრმა ნარკოზით მიმდინარე ოპერაციის დროს ავადმყოფისათვის შეუთავსებელი სისხლი გადაუსხამთ, ისიც დიდი დოზით, და ამას ტრანსფუზიური შოკის მოვლენები არ გამოუწვევია; მხოლოდ შემდგომ, როგორც ძლიერი ინტოქსიკაციის შედეგი, ასეთ ავადმყოფებს პარენტალურ ორგანოთა დაზიანების ნიშნები დასტყობიათ.

დამაჯერებელი ცნობები, რომ სისხლის გადასხმით გამოწვეულ რეაქციაში ნერვულ სისტემას მნიშვნელოვანი როლი მიუძღვის, არ ამცირებს ამ მონაცემების საბუთიანობას. რაც ჩვენთვის უმთავრესად საინტერესო საკითხს ეხება. თურმე ნარკოზის შემთხვევებშიც, მართალია მოგვიანებით, მაგრამ რეაქცია ასეთ თუ ისე მაინც არსებობს.

ბ. კეკალო [5] ანალოზს უკეთებს თავის შემთხვევას და იმოწმებს კ. ბერეზკინის, გ. ხალცმანისა და ს. სერბანტის აზრს, რომ შესაძლებელი და დასაშვებია შეუთავსებელი სისხლის დიდი დოზების გადასხმა ნარკოზის მდგომარეობაში, მაგრამ მაინც აღნიშნავს, რომ ნარკოზი პოსტრანსფუზიური შოკის განვითარებას არ აფერხებს.

როგორც ცნობილია, მძიმე რეაქციის გარეშე ზოგჯერ სათანადო ჯგუფის სისხლის გადასხმაც კი ვერ ჩაივლის. სწორედ ამასთან დაკავშირებით თ. ეჯანი [6], რომელიც ჰემოტრანსფუზიურ რეაქციათა და გართულებათა პათოგენეზისა და პროფილაქტიკის საკითხს იხილავს, მიუთითებს, რომ ამ შემთხვევაში მნიშვნელობა აქვს „ორგანიზმის რეაქციის უნარს პათოლოგიური პროცესისა და მიხედვით, ნერვული სისტემის დაზიანებასა და ორგანიზმის სენსიბილიზაციას ამა თუ იმ ფაქტორით“.

და თვითონ იმ პუბლიკაციაშიც, რომელიც ჰემატოლოგიისა და სისხლის გადასხმის ცენტრალური ინსტიტუტის შემთხვევას აგვიწერს, ხაზგასმულია, რომ საჭიროა ვერიდოთ მეტისმეტად შემაწუხებელ რეაქციას, რადგან „ერთი მხრივ, ...იგი შეიძლება სუბლეტალური გამოდგეს, ხოლო, მეორე მხრივ, აკვარ რეაქციას შეუძლია უჯრედებში საწინააღმდეგო მდგომარეობა გამოიწვიოს, შეიძლება უჯრედის ფუნქცია უფრო მეტად დათრგუნოს“.

ის მცირერიცხოვანი დაკვირვება, რაც ჩვენ მოგვებოვება; ნებას არ გვაძლევს რაიმე კატეგორიული დასკვნები გამოვიყვანოთ, მაგრამ ერთი კი უდავოა: თერაპიის სახეობა, რომელსაც ცენტრალური ნერვული სისტემის ესოდენ ძლიერი ვალიზიანება თან სდევს, არ შეიძლება ფართო გამოყენებისათვის ვურჩიოთ. მისი ხმალება ინდივიდუალურ მიდგომას და უაღრეს სიფრთხილეს მოითხოვს.

ჩვენ ვფიქრობთ, რომ საკითხები, რომელიც შეუთავსებელი სისხლის სასა-კეთო მოქმედების მექანიზმსა და ასეთი სისხლის გადასხმით გამოწვეული რეაქციის არსს შეეხება, ჯერ კიდევ შემდგომ კვლევა-ძიებას მოითხოვს, ხოლო გამოყენების მეთოდოლოგია არსებით დაზუსტებასა და დახვეწას საჭიროებს.

ამ მიმართულებით ნაბიჯები გადადგმულია კიდევ. მაგალითად, ა. სპირი-დონოვი [7] წერს, რომ იყენებდა 10-15 მლ შეუთავსებელი უცხო ჯგუფის

სისხლის გადასხმას არტერიაში ნოვოკაინის 25%-იან ხსნართან ერთად; იგი მობართავდა ამას წვივის შეუხორცებელი ჭრილობების (წყლულების) დროს, ხოლო შემდეგ—ენდარტერიტის შემთხვევაშიც. ამასთან ერთად ა. სპირიდონოვი აღნიშნავს, რომ შეუთავსებელი უცხო ჯგუფის სისხლის არტერიაში გადასხმა გაცილებით სუსტ რეაქციას იწვევს, ვიდრე მაშინ, როცა ვენაში შეასხამენ. ძიისი აზრით, ეს იმით აიხსნება, რომ ღრმად მდებარე ქსოვილები ტოქსიკურ ნივთიერებებს აკავებს.

ამ რამდენადმე სხვაგვარი მეთოდის განხილვას ახლა არ შევუდგებით, ოღონდ რაც შეეხება შეუთავსებელი უცხო ჯგუფის სისხლის გადასხმას ვენაში, ვგონებთ, უმართებულო იქნება ანგარიში არ გაეწიოს ავადმყოფის იმ მეტამეტად მძიმე და, როგორც ჩანს, ვარდაუფალ განცდებს, რომლებიც ამ სერის მაინც უკავშირდება.

ყველა ეს ძალიან ძვირად დაგვისვამდა მოპოვებულ დადებით შედეგებს. მით უფრო, რომ მათი მიღწევა უამისოდ, სხვა საშუალებებითაც შეიძლება.

ჩვენი შეხედულება დასტურდება ლიტერატურული მონაცემებით, რომლებიდანაც ჩანს, რომ შეუთავსებელი უცხო ჯგუფის სისხლის გადასხმას ახლა უფრო იშვიათად მიმართავენ.

თბილისის ექიმთა დახელოვნების  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.10.1960)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. Т. Ишанова и А. Ю. Тилис. Сосудистые рефлексy у больных с облитерирующим эндартеритом при введении несовместимой иногруппной крови. Врачебное дело, № 7, 1956.
2. Н. А. Чугунов. Опыт лечения несовместимой иногруппной кровью. Научн. изв. № 6. Казахский Гос. мед. институт. 1940.
3. Б. В. Петровский. Переливание крови в хирургии. 1954.
4. А. А. Багдасаров и М. С. Дульцин. Гемотерапия в клинике внутренних болезней. 1952.
5. Б. В. Кекало. К вопросу о переливании несовместимой иногруппной крови под наркозом. Вестник хирургии им. Грекова, № 3, 1951.
6. Т. О. Жвания. О патогенезе и профилактике гемотрансфузионных реакций и осложнений. Автореферат, 1956.
7. А. А. Спиридонов. Внутривенное вливание при травмах и гнойных заболеваниях. Хирургия, № 10, 1960.
8. М. О. Арутюнян. Опыт применения несовместимой иногруппной крови. Хирургия, 1937.
9. А. А. Багдасаров. Основные перспективы дальнейшего развития гематологии и переливания крови в СССР. В кн., „Проблемы гематологии и переливания крови“, т. 4, № 1, 1959.
10. А. А. Богомелец. Переливание крови как метод патогенетической терапии. Совр. проблемы гематол. и перелив. крови, в. 19, 1944.



მთ. რედაქტორი — საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
აკადემიკოსი რ. დვალაძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 12.3.1962; შკკვ. № 81; ანაწეობის ზომა 7×11;  
ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 8,9;  
საბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 11; უე 02837; ტირაჟი 700

---

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, გ. ტაბიძის ქ. № 3/5  
Типография Издательства Академии Наук Грузинской ССР, ул. Г. Табидзе, № 3/5



დ ა მ ტ კ ი ვ ე ბ ა უ ლ ი ა  
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
პრეზიდიუმის მიერ 31.1.1957 წ.

დებულება „საბართმელოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბეს“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 8 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი წლის ნაკვეთები (სულ 6 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.
5. წერილის მოცულობა ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს; არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალად თითოეულ ენაზე, საცხებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არაერთარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შექმნილი და გვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ეურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, საკლდედ უნდა 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 შემოსულის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 25-25 ამონაბეჭდი ქართულ და რუსულ ენებზე.

აკადემიის მისამართი: თბილისი, ძეგლისკის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XXVIII, № 3, 1962  
Основное, грузинское издание