

1947



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
მ თ ე მ ბ ე

ტომი VIII, № 4

ბიბლიოთეკის, ქართული გამომცემი

1947



შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

- ა. ვალფიში. პოლიას ერთი თეორემის შესახებ, რომელიც ფაბრის თეორემის შებრუნებულია 191
- დ. ხარაზოვი. პარამეტრზე რაციონალურად დამოკიდებული გულიანი ინტეგრალური განტოლების ფუნდამენტალური ფუნქციებისა და რეზოლვენტის შესახებ 199

პალეონტოლოგია

- გ. ჭელიძე. Dreissensia-ს ნიჟარის მორფოლოგიის ერთი ელემენტის შესახებ 205

ტანია

- ნ. კალატოზიშვილი. სინქრონიზმიდან გასული ჰაიდროლექტროაგრეგატის სინქრონიზმში შეყვანის შესახებ 209
- ლ. აბელიშვილი. მუდმივი დენის წვეის ძრავის სიჩქარის ელექტრომექანიკური დამახასიათებელი მრუდის ემპირიული განტოლება 217
- ო. ონიაშვილი. კრიტიკულ ძალთა გამოთვლის შესახებ ცილინდრული გარსის მდგრადობის ზოგიერთი შემთხვევისათვის 221

ბოტანიკა

- ა. კოლაკოვსკი. დასავლეთ საქართველოს კირქვიანების ორი ახალი მარცა 229
- გ. მათიკაშვილი. პონტოს მუხის (*Quercus pontica* L.) ბიო-ეკოლოგიური თვისებები 235

ზოოლოგია

- დავით კობახიძე. მასალები ზოგიერთი პალეარქტიკული სახეობის მწერების-ფიტოფაგების გავრცელების ვერტიკალური ზონალობის შესწავლისათვის საქართველოში 241

ფიზიოლოგია

- ა. როიტბაკი. ბაჟაყის სუნთქვითი ცენტრის მოქმედების ცვალებადობა საერთო სპონტანურ მოძრაობასთან დაკავშირებით 247

ენათმეცნიერება

- მერგი ჟღენტი. ქართული ფოკალიზმი 253

ხელოვნების ისტორია

- რენე შმერლინგი. ატენის სიონის კედლის მხატვრობის დათარიღების საკითხისათვის 261

მათემატიკა

ა. ვალფიში

პოლინის მართი თეორემის შესახებ, რომელიც ფაბრის
თეორემის უზარუნებელია

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ი. ვეკუამ 22.3.1947)

ფაბრის ცნობილი თეორემა ხარვეზიანა ხარისხოვანი მწკრივების შესახებ ამბობს (იხ. [3]):

თუ n_k ხარისხის მაჩვენებლები ხარისხოვანი მწკრივისა

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k x^{n_k} \quad (0 < n_1 < n_2 < \dots) \quad (1)$$

4359

აკმაყოფილებს პირობას

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{n_k}{k} = \infty, \quad (2)$$

მაშინ კრებადობის წრის წრეწირის ყოველი წერტილი $f(x)$ ფუნქციის განკუთრ წერტილს წარმოადგენს.

(2) პირობა ასეც შეიძლება გამოვსახოთ: ვთქვათ,

$$N(x) = \sum_{n_k \leq x} 1. \quad (3)$$

მაშინ მოითხოვება, რომ

$$N(x) = o(x). \quad (4)$$

მართლაც, (3)-ის საფუძველზე გვაქვს $N(n_k) = k$. აქედან, (4) პირობის თანხმად, $k = o(n_k)$. ამგვარად, (4)-დან გამომდინარეობს (2). პირიქით, თუ შესრულებულია (2) პირობა, მაშინ (4) თანაფარდობა სამართლიანია, როცა $x = n_k$, მაშასადამე, $N(n_k) = o(n_k)$. თუკი $n_k < x < n_{k+1}$, მაშინ

$$N(x) = N(n_k) = o(n_k) = o(x),$$

ამიტომ (4) წარმოადგენს (2)-ის შედეგს.

თავისი [4] შრომის ზოგიერთ შედეგზე დაყრდნობით გ. პოლიამ [5] აჩვენა, რომ ფაბრის თეორემის (2) პირობის შესუსტება შეუძლებელია. სახელდობრ, მან დაამტკიცა ფაბრის თეორემის უზარუნებელი შემდეგი თეორემა:

თუ n_k ნატურალურ რიცხვთა ზრდადი მიმდევრობა აკმაყოფილებს (2) პირობას, ე. ი.



$$\liminf_{k \rightarrow \infty} \frac{n_k}{k} < \infty, \quad (5)$$

მაშინ (I) ხარისხოვანი მწკრივის a_k კოეფიციენტები შეიძლება ისე შევარჩიოთ, რომ კრებადობის წრის წრეწირზე იმყოფებოდეს $f(x)$ ფუნქციის რეგულარული წერტილი.

ამ დებულების უშუალო, მეტად მარტივი დამტკიცება მოგვცა შემდგომ პ. ერდემში [2]. წინამდებარე შენიშვნაში, იმ მიზნით, რომ პოლიას თეორემისათვის გზა გაიკაფოს სასწავლო ლიტერატურასა და სალექციო პრაქტიკაში (სადაც ფაბრის თეორემა შემოვიდა ე. ლანდაუს [3] წიგნის წყალობით), გრდემის დამტკიცებას მე კიდევ უფრო მარტივ სახეს ვაძლევ, მისი v_i , c_2 , c_3 , ε , δ , λ პარამეტრების მოშორებით და ასიმპტოტურ შეფასებათა ზუსტი უტოლობებით შეცვლით. ჩემი მიზნის შესაბამისად, ყველა გამოთვლა დაწვრილებით მომყავს.

(x, y) ინტერვალები, რომელთა შესახებ გვექნება ლაბარაკი, იგულისხმება დახურული.

დავამტკიცოთ, პირველ ყოვლისა, შემდეგი ლემა:

თუ n_k ნატურალურ რიცხვთა ზრდადი მიმდევრობა (5) პირობას აკმაყოფილებს, მაშინ არსებობს ისეთი დადებითი c რიცხვი და u_i ნატურალურ რიცხვთა ისეთი ზრდადი მიმდევრობა, რომ ყოველ $(u_i, 2u_i)$ შუალედში, სადაც $i=1, 2, 3, \dots$, მოთავსებული n_k რიცხვების რაოდენობა მეტია cu_i -ზე.

წინააღმდეგ შემთხვევაში ყოველ დადებით ε -ს შესაბამებოდა მხოლოდ სასრულო სიმრავლე u ნატურალურ რიცხვებისა, რომელთათვისაც $(u, 2u)$ შუალედში მოთავსებული n_k რიცხვების რაოდენობა εu -ზე მეტი იქნებოდა. აქედან, თუ $u \equiv v = v(\varepsilon)$, მაშინ $(u, 2u)$ შუალედში n_k რიცხვების რაოდენობა არ აღემატება εu -ს. ამასთანავე შეიძლება ვივთხოვს, რომ v ნატურალური რიცხვია.

ვთქვათ, $u > v$. მაშინ არსებობს ერთადერთი h ნატურალური რიცხვი ისეთი, რომ $2^{h-1}v \equiv u < 2^h v$, საიდანაც, (3)-ის თანახმად,

$$\begin{aligned} N(u) &\equiv N(2^h v) = N(v) + \sum_{i=1}^h \{N(2^i v) - N(2^{i-1} v)\} \\ &\equiv N(v) + \varepsilon \sum_{i=1}^h 2^{i-1} v \equiv N(v) + 2^h \varepsilon v \equiv N(v) + 2\varepsilon u. \end{aligned}$$

აქედან $\limsup_{u \rightarrow \infty} N(u)/u \equiv 2\varepsilon$. იმის გამო, რომ ε რიცხვი შეიძლება რაგინდ-

მივუახლოვოთ ნულს, ეს უტოლობა გვაძლევს $N(u) = o(u)$, ე. ი. (4)-ს, რაც ჩვენს (5) დაშვებას ეწინააღმდეგება. ლემა დამტკიცებულია.

ლემა სამართლიანი დარჩება, თუ u_i მიმდევრობას შევცვლით მისი ნებისმიერი უსასრულო ქვემიმდევრობით. ამიტომ დავუშვათ

$$u_{i+1} > 6u_i \quad (i=1, 2, 3\dots), \quad (6)$$

კერძოდ, (6)-დან გამომდინარეობს, რომ ორ $(u_i, 2u_i)$, $(u_j, 2u_j)$ შუალედს, სადაც $i \neq j$, საერთო წერტილი არ აქვს.

აღენიშნოთ m_k -თი, სადაც $m_1 < m_2 < \dots$, n_k რიცხვების ის უსასრულო ქვემიმდევრობა, რომელიც იმყოფება $(u_i, 2u_i)$ შუალედში. მაშინ პოლიას თეორემა დამტკიცებული იქნება, თუ შევძლებთ ხარისხოვანი მწკრივის

$$f(z) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k z^{m_k} \quad (7)$$

აგებას, რომლის კრებადობის რადიუსი ერთის ტოლია, ამასთანავე წერტილი $z=1$ რეგულარული წერტილია. მართლაც, (7) მწკრივი შეიძლება ჩაიწეროს (1)-ის სახით.

ეთქვათ, r ნატურალური რიცხვი აკმაყოფილებს უტოლობას

$$r > \frac{1}{c} + 2. \quad (8)$$

a_k რიცხვები ჯერ ნებისმიერ რიცხვებზე ვიგულისხმობთ, ოღონდ დაცული იყოს

$$|a_k| \leq 1 \quad (k=1, 2, 3\dots) \quad (9)$$

პირობა, რითაც (7) მწკრივის აზრი ეძლევა, ამასთანავე მისი კრებადობის რადიუსი ≥ 1 . დავწეროთ

$$f\left(z + \frac{3r-1}{3r}\right) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \left(z + \frac{3r-1}{3r}\right)^{m_k} = \sum_{n=0}^{\infty} b_n z^n. \quad (10)$$

მაშინ

$$\sum_{n=0}^{\infty} b_n z^n = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \sum_{n=0}^{m_k} \binom{m_k}{n} z^n \left(\frac{3r-1}{3r}\right)^{m_k-n},$$

მაშასადამე,

$$b_n = \sum_{\substack{k=1 \\ m_k \geq n}}^{\infty} a_k \binom{m_k}{n} \left(\frac{3r-1}{3r}\right)^{m_k-n}. \quad (11)$$

ჩვენი ამოცანა ამოხსნილი იქნება, თუ შევძელით a_k კოეფიციენტების ისე განსაზღვრა, რომ ისინი (9)-თან ერთად აკმაყოფილებდნენ პირობებს

$$a_k = 1, \quad k \text{ ინდექსების უსასრულო სიმრავლისათვის}, \quad (12)$$

$$|b_n| \leq (24r+1) \left(\frac{17}{6}r\right)^n \quad (n=1, 2, 3, \dots). \quad (13)$$

სახელდობრ, (7) მწყრივის კრებადობის რადიუსი, (9) და (12)-ის ძალით, უდრის ერთს. შემდეგ, (10) და (13)-ის საფუძველზე, კრებადობის რადიუსი ხარისხოვანი მწყრივისა

$$f\left(\chi + \frac{3r-1}{3r}\right) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n \chi^n$$

უკიდურეს შემთხვევაში უდრის $\frac{6}{17} \frac{1}{r}$ -ს, საიდანაც წერტილი $\chi = \frac{1}{3r}$ იმყოფება მისი კრებადობის წრის შიგნით, ე. ი. რეგულარულია. მაგრამ ეს არის (7) ფუნქციის წერტილი $\chi=1$.

(9) და (11)-ის ძალით, როცა $n > 0$,

$$|b_n| \equiv \sum_{\substack{k=1 \\ m_k \geq n}}^{\infty} \binom{m_k}{n} \left(\frac{3r-1}{3r}\right)^{m_k-n}. \quad (14)$$

აღვნიშნოთ

$$A_m = \binom{m}{n} \left(\frac{3r-1}{3r}\right)^{m-n} \quad (m=n, n+1, \dots), \quad (15)$$

საიდანაც, თუ $m \equiv n$,

$$\frac{A_{m+1}}{A_m} = \frac{3r-1}{3r} \frac{m+1}{m+1-n}. \quad (16)$$

ჩვენ ვამტკიცებთ, რომ

$$\frac{A_{m+1}}{A_m} > 1 + \frac{1}{12r}, \quad \text{როცა} \quad 0 < n \equiv m \equiv 2rn, \quad (17)$$

$$\frac{A_{m+1}}{A_m} < 1 - \frac{1}{12r}, \quad \text{როცა} \quad m \equiv 6rn. \quad (18)$$

მარჯვენა მხარე (16) ტოლობისა m -ის წარმოებადი ფუნქციაა; მისი წარმოებულთა m -ით არის

$$-\frac{3r-1}{3r} \frac{n}{(m+1-n)^2} \equiv 0.$$

აქედან, რა წამს $n \equiv m \equiv 2rn$,

$$\frac{A_{m+1}}{A_m} - 1 \equiv \frac{3r-1}{3r} \frac{2rn+1}{2rn+1-n} - 1 = \frac{1}{3r} \frac{rn-1}{2rn+1-n} > \frac{1}{3r} \frac{1}{2} \frac{rn}{2rn} = \frac{1}{12r},$$

რამდენადაც, (8)-ის საფუძველზე, ვაქვს $r > 2$, რის გამოც $rn-1 > \frac{rn}{2}$. ანა-ირად, (17) უტოლობანი დამტკიცებულია. ანალოგიურად, თუ $m \equiv 6rn$, მაშინ

$$1 - \frac{A_{m+1}}{A_m} \equiv 1 - \frac{3r-1}{3r} \frac{6rn+1}{6rn+1-n} = \frac{1}{3r} \frac{3rn+1}{6rn+1-n} > \frac{1}{3r} \frac{3rn}{6nr} = \frac{1}{6r},$$

რაც (18)-ს ამტკიცებს.

სტირლინგის ფორმულის თანახმად, ნებისმიერი m ნატურალური რიცხვისათვის,

$$m! = (2\pi)^{\frac{1}{2}} m^{m+\frac{1}{2}} \exp\left(-m + \frac{\theta}{12m}\right),$$

სადაც $0 < \theta = \theta(m) < 1$, $\exp x = e^x$ (იხ., მაგ. [1]). აქედან, კერძოდ,

$$m! \cong (2\pi)^{\frac{1}{2}} m^{m+\frac{1}{2}} \exp\left(-m + \frac{1}{12m}\right), \quad (19)$$

$$\frac{1}{m!} \cong (2\pi)^{-\frac{1}{2}} m^{-m-\frac{1}{2}} e^m. \quad (20)$$

(15), (19) და (20)-ის გამოყენებით ვაჩვენოთ, რომ ნებისმიერი რიცხვისათვის $n > 0$,

$$A_{2rn} \cong \left(\frac{17}{6} r\right)^n, \quad A_{6rn} \cong \left(\frac{17}{6} r\right)^n. \quad (21)$$

მართლაც,

$$\begin{aligned} A_{2rn} &= \frac{(2rn)!}{n!((2r-1)n)!} \left(\frac{3r-1}{3r}\right)^{(2r-1)n} \\ &\cong (2\pi)^{\frac{1}{2}} (2rn)^{2rn+\frac{1}{2}} \exp\left(-2rn + \frac{1}{24rn}\right) (2\pi)^{-\frac{1}{2}} n^{-n-\frac{1}{2}} e^n \\ &\times (2\pi)^{-\frac{1}{2}} \left((2r-1)n\right)^{-(2r-1)n-\frac{1}{2}} e^{(2r-1)n} \left(\frac{1}{3r}\right)^{(2r-1)n} \\ &= (2\pi)^{-\frac{1}{2}} (2r)^{2rn+\frac{1}{2}} (2r-1)^{-(2r-1)n-\frac{1}{2}} n^{-\frac{1}{2}} e^{\frac{1}{24rn}} \left(\frac{1}{3r}\right)^{(2r-1)n} \\ &\cong (2\pi)^{-\frac{1}{2}} (2r)^n \left(\frac{1}{3r}\right)^{(2r-1)n-\frac{1}{2}} e^{\frac{1}{24}} \left(\frac{1}{3r}\right)^{(2r-1)n} \\ &\cong (2r)^n \left(\frac{1-\frac{1}{3r}}{1-\frac{1}{2r}}\right)^{(2r-1)n} = (2r)^n \left(1 + \frac{1}{6r-3}\right)^{(2r-1)n} \\ &\cong (2r)^n \exp\left(\frac{(2r-1)n}{6r-3}\right) = (2r)^n e^{\frac{n}{3}} \cong \left(2r \cdot \frac{17}{12}\right)^n = \left(\frac{17}{6} r\right)^n, \end{aligned}$$

რამდენადაც

$$e^{\frac{1}{3}} < 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{2 \cdot 3^2} + \frac{1}{2 \cdot 3^3} + \dots = \frac{17}{12}.$$

ამით (21)-ის პირველი უტოლობა დამტკიცებულია, ხოლო მეორე მიიღება ანალოგიური გზით:

$$\begin{aligned}
 A_{6rn} &= \frac{(6rn)!}{n!((6r-1)n)!} \left(\frac{3r-1}{3r} \right)^{(6r-1)n} \\
 &\equiv (2\pi)^{\frac{1}{2}} (6rn)^{6rn+\frac{1}{2}} \exp\left(-6rn + \frac{1}{72rn}\right) (2\pi)^{-\frac{1}{2}} n^{-n-\frac{1}{2}} e^n \\
 &\times (2\pi)^{-\frac{1}{2}} ((6r-1)n)^{-(6r-1)n-\frac{1}{2}} e^{(6r-1)n} \left(1 - \frac{1}{3r}\right)^{(6r-1)n} \\
 &= (2\pi)^{-\frac{1}{2}} (6r)^n \left(1 - \frac{1}{6r}\right)^{-(6r-1)n-\frac{1}{2}} n^{-\frac{1}{2}} e^{\frac{1}{72rn}} \left(1 - \frac{1}{3r}\right)^{(6r-1)n} \\
 &\equiv (6r)^n \left(\frac{1 - \frac{1}{3r}}{1 - \frac{1}{6r}} \right)^{(6r-1)n} = (6r)^n \left(1 - \frac{1}{6r-1}\right)^{(6r-1)n} \\
 &\equiv (6r)^n e^{-n} \equiv \left(\frac{17}{6}r\right)^n.
 \end{aligned}$$

(17) და (18)-ის ძალით, A_m მიმდევრობა იზრდება, როცა $n \equiv m \equiv 2rn$, და კლებულობს, როცა $m \equiv 6rn$. აქედან (21) უტოლობები იძლევა, რომ

$$A_m \equiv \left(\frac{17}{6}r\right)^n, \text{ როცა } n \equiv m \equiv 2rn \text{ და როცა } m \equiv 6rn. \quad (22)$$

განვიხილოთ ცალ-ცალკე ორი შემთხვევა, იმისდა მიხედვით, იმყოფება n რიცხვი ერთ-ერთ შუალედთაგანში

$$\left(\frac{u_i}{6r}, \frac{u_i}{r}\right) \quad (i=1, 2, 3, \dots) \quad (23)$$

თუ არ იმყოფება.

I. n რიცხვი არ იმყოფება არც ერთ (23) შუალედში. ვთქვათ, მოცემულია ნებისმიერი m_k რიცხვი. განმარტების თანახმად, $u_j \equiv m_k \equiv 2u_j$, შესაბამის ინდექსისათვის. აქედან, ვინაიდან n რიცხვი არ იმყოფება შუალედში

$$\left(\frac{u_j}{6r}, \frac{u_j}{r}\right), \quad (24)$$

გვაქვს ან $n < \frac{u_j}{6r}$, ან $n > \frac{u_j}{r}$, ე. ი. ან $m_k \equiv u_j > 6rn$, ან $2rn > 2u_j \equiv m_k$. თუ გავმოვიყენებთ (14), (15), (17), (18) და (22)-ს, მაშასადამე, გვექნება

$$\begin{aligned}
 |b_n| &\equiv \sum_{n \leq m_k \leq 2rn} A_{m_k} + \sum_{m_k \equiv 6rn} A_{m_k} \\
 &\equiv \sum_{n \leq m \leq 2rn} A_m + \sum_{m \equiv 6rn} A_m
 \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} &\equiv \left(\frac{17}{6}r\right)^n \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{12r}} + \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{12r}\right)^2} + \dots\right) \\ &+ \left(\frac{17}{6}r\right)^n \left(1 + \left(1 - \frac{1}{12r}\right) + \left(1 - \frac{1}{12r}\right)^2 + \dots\right) \\ &= \left(\frac{17}{6}r\right)^n (12r + 1 + 12r), \end{aligned}$$

რაც ამტკიცებს, განხილულ შემთხვევაში, (13) უტოლობას.

II. n რიცხვი იმყოფება ერთ და ამიტომ, (6)-ის საფუძველზე, შესტად ერთ (23) შუალედში, ვთქვათ, (24) შუალედში, საიდანაც

$$\frac{u_j}{6r} \equiv n \equiv \frac{u_j}{r}. \quad (26)$$

მაშინ, (11)-ის ძალით

$$b_n = b_{n_1} + b_{n_2}, \quad (27)$$

$$b_{n_1} = \sum_1 a_k \binom{m_k}{n} \left(\frac{3r-1}{3r}\right)^{m_k - n}, \quad (28)$$

$$b_{n_2} = \sum_2 a_k \binom{m_k}{n} \left(\frac{2r-1}{3r}\right)^{m_k - n}. \quad (29)$$

ამასთან (28) ჯამში k გაირბენს იმ ნატურალურ რიცხვებს, რომელთათვისაც $m_k \equiv n$ და m_k არ იმყოფება ($u_j, 2u_j$) ინტერვალში, მაშინ როდესაც (29)-ში $m_k \equiv n$ და m_k ეკუთვნის ამ ინტერვალს. სხვანაირად რომ ვთქვათ, (29)-ში აჯამ-ვა ხდება იმ ნატურალური k რიცხვების გასწვრივ, რომელთათვისაც $u_j \equiv m_k \equiv 2u_j$, ვინაიდან, (26) და (8)-ის ძალით,

$$u_j \equiv rn > 2n,$$

ე. ი. პირობა $m_k \equiv n$ შესრულებულია.

(28) ჯამში, (6) და (26)-ის საფუძველზე, ან

$$m_k \equiv 2u_{j-1} < \frac{u_j}{3} \equiv 2rn,$$

ან

$$m_k \equiv u_{j+1} > 6u_j \equiv 6rn.$$

აქედან (9) და (15) გვიჩვენებს, რომ $|b_{n_1}|$ აკმაყოფილებს (25) უტოლობას, და ამიტომ (13) უტოლობასაც

$$|b_{n_1}| \equiv (24r+1) \left(\frac{17}{6}r\right)^n. \quad (30)$$

ტოლობები

$$b_{n_2} = 0 \quad \left(\frac{u_j}{6r} \equiv n \equiv \frac{u_j}{r}\right) \quad (31)$$

შარმოადგენენ, (29) და (8)-ის ძალით, ერთგვაროვან წრფივ განტოლებათა სის-

ტემის a_k უცნობთა მიმართ, რომელშიც განტოლებათა რიცხვი არ აღემატება $\frac{u_j}{r}$ -ს, ე. ი. ნაკლებია cu_j -ზე, უცნობთა რიცხვი უდრის m_k მიმდევრობის იმ წევრთა რიცხვს, რომლებიც $(u_j, 2u_j)$ ინტერვალში იმყოფებიან, ეს რიცხვი კი, m_k მიმდევრობის ძალით, მეტია cu_j -ზე, მაშასადამე, მეტია (31) სისტემის განტოლებათა რიცხვზე. თუ მხედველობაში მივიღებთ სისტემის ერთგვაროვნობას, მას აკმაყოფილებენ ისეთი a_k , რომ $|a_k| \leq 1$, მაგრამ, ერთი მაინც $a_k = 1$. მეორე მხრივ, (26)-ში j ინდექსს შეუძლია გაირბინოს ყველა ნატურალური რიცხვი, ვინაიდან ყოველ j -ს შეესაბამება რომელიმე n , რომელიც (26) უტოლობებს აკმაყოფილებს. აქედან (9) და (12) პირობები შესრულებულია. შემდეგ, (27), (30) და (31)-ის ძალით, (13) უტოლობა შესრულებულია აგრეთვე განსახილველ II შემთხვევაშიც. ამიტომ ის შესრულებულია ნებისმიერი $n > 0$ რიცხვისათვის, რაც უნდა დაგვემტკიცებინა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახ. თბილისის მათემატიკის
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 22.3.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. E. Artin. Einführung in die Theorie der Gammafunktion. Hamburger mathematische Einzelschriften. № 11, 1931, 23. (არსებობს რუსული თარგმანი).
2. P. Erdős. Note on the converse of Fabry's gap theorem. Transactions of the American Mathematical Society. 57, 1945, 102—104.
3. E. Landau. Darstellung und Begründung einiger neuerer Ergebnisse der Funktionentheorie. Zweite Auflage, 1929, 16, 23.
4. G. Pólya. Untersuchungen über Lücken und Singularitäten von Potenzreihen. Mathematische Zeitschrift. 29, 1929, 549—640.
5. G. Pólya. On converse gap theorems. Transactions of the American Mathematical Society. 52, 1942, 65—71.

მათემატიკა

დ. ხარაზოვი

პარამეტრზე რაციონალურად დამოკიდებული გულიანი ინტეგრალური განტოლების ფუნდამენტალური ფუნქციებისა და რეზოლვენტის შესახებ

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ი. ვეჯამ 14.4.1947)

1. ამ შრომაში ჩვენ განვიხილავთ შემდეგი სახის ინტეგრალურ განტოლებას

$$U(x) - \int_a^b G(x, y; \lambda) U(y) dy = 0, \quad (A)$$

სადაც გული $G(x, y; \lambda)$ არის λ -ს მთელი ან წილადი რაციონალური ფუნქცია. შრომებში [1, 2] ჩვენ შევისწავლეთ (A) ტიპის ისეთი ინტეგრალური განტოლების მახასიათებელი რიცხვები, რომელშიაც

$$G(x, y; \lambda) = \sum_{n=0}^m G_n(x, y) \lambda^n, \quad (I)$$

სადაც $G_n(x, y)$ ($n=0, 1, \dots, m$) ისეთი ნამდვილი ფუნქციებია, რომელთა კვადრატი შეჯამებულია არეში $a \leq x, y \leq b$, λ კომპლექსური პარამეტრია.

ამ პარაგრაფში ჩვენ შევისწავლით ასეთი გულის ფუნდამენტალურ ფუნქციასა და რეზოლვენტის ზოგიერთ თვისებას.

ორ გულს $K_1(x, y)$ და $K_2(x, y)$, რომელთა კვადრატი შეჯამებულია არეში $a \leq x, y \leq b$, გურსას მსგავსად [3] ვუწოდოთ ორთოგონალური, თუ

$$\int_a^b K_1(x, s) K_2(s, y) ds = 0, \quad \int_a^b K_1(s, y) K_2(x, s) ds = 0$$

ოთქმის ყველგან არეში $a \leq x, y \leq b$.

დაუუქვემდებაროთ ახლა (I) გული შემდეგ პირობებს (რომელთაც შემდგომ G პირობები ვუწოდოთ):

1. $G_n(x, y)$ ($n=0, 1, \dots, m$) წყვილ-წყვილად ორთოგონალური გულებია არეში $a \leq x, y \leq b$,

2. ყოველი ფუნქციისათვის $\varphi(x) \in L^2(a, b)$, რომელიც ნორმირებულია პირობით $\int_a^b \varphi^2(x) dx = 1$,

$$\int_a^b \int_a^b G_0(x, y) \varphi(x) \varphi(y) dx dy < 1. \quad (2)$$

თიორემა 1. ვთქვათ, (I) გული აკმაყოფილებს G პირობებს. იმისათვის, რომ λ_0 იყოს მახასიათებელი რიცხვი (I) გული-სა, აუცილებელია და საკმარისი არსებობდეს ერთი მაინც ისეთი მთელი რიცხვი k , $1 \leq k \leq m$, რომ λ_0^k იყოს $G_k(x, y)$ გულის მახასიათებელი რიცხვი.

ვთქვათ, λ_0^k არის $G_k(x, y)$ გულის მახასიათებელი რიცხვი, ხოლო $\varphi(x)$ — სათანადო ფუნდამენტალური ფუნქცია; მაშინ თითქმის ყველგან (a, b) -ში

$$\varphi(x) - \lambda_0^k \int_a^b G_k(x, y) \varphi(y) dy = 0.$$

ყოველი n -თვის $n \neq k$, $1 \leq n \leq m$, G პირობის ძალით, თითქმის ყველგან (a, b) -ში გვექნება

$$\int_a^b G_n(x, y) \varphi(y) dy = \lambda_0^n \int_a^b \varphi(t) dt \int_a^b G_n(x, y) G_k(y, t) dy = 0. \quad (3)$$

აქედან

$$\begin{aligned} \varphi(x) - \int_a^b G(x, y; \lambda_0) \varphi(y) dy &= \varphi(x) - \sum_{n=0}^m \lambda_0^n \int_a^b G_n(x, y) \varphi(y) dy \\ &= \varphi(x) - \lambda_0^k \int_a^b G_k(x, y) \varphi(y) dy = 0. \end{aligned}$$

ამგვარად, λ_0 მახასიათებელი რიცხვია (I) გულისა და, უფრო მეტიც, $\varphi(x)$ მისი ფუნდამენტალური ფუნქციაა.

ვთქვათ, ახლა λ_0 მახასიათებელი რიცხვია (I) გულისა, ხოლო $\varphi(x)$ სა-თანადო ფუნდამენტალური ფუნქციაა.

აგიღოთ

$$\varphi_n(x) = \int_a^b G_n(x, y) \varphi(y) dy \quad (n=0, 1, \dots, m). \quad (4)$$

მაშინ, ცხადია,

$$\varphi(\lambda) = \sum_{n=0}^m \lambda^n \varphi_n(x),$$

ამასთან ერთი მაინც $\varphi_n(x)$ ფუნქციათაგან არ არის თითქმის ყველგან ტოლი ნულისა (a, b) -ში.

ვთქვათ, $p \neq q$, $1 \leq p, q \leq m$; მაშინ თითქმის ყველგან (a, b) -ში

$$\int_a^b G_q(x, y) \varphi_p(y) dy = \int_a^b \varphi(t) dt \int_a^b G_q(x, y) G_p(y, t) dy = 0.$$

აქედან, (4)-ის ძალით, ყოველი $n=0, 1, \dots, m$ -თვის

$$\varphi_n(x) = \sum_{k=0}^m \lambda_0^k \int_a^b G_n(x, y) \varphi_k(y) dy = \lambda_0^n \int_a^b G_n(x, y) \varphi_n(y) dy.$$

მაშ, $\varphi_n(x)$ ფუნდამენტალური ფუნქციაა $G_n(x, y)$ გულისა, სათანადო λ_0^n მახასიათებელი რიცხვისა. მაგრამ ყოველ შემთხვევაში ერთი მაინც ფუნქცია $\varphi_n(x)$ ($n=1, \dots, m$) არ არის თითქმის ყველგან ნული (a, b)-ში, ამიტომ იარსებებს ისეთი n , $1 \leq n \leq m$, რომ λ_0^n იქნება $G_n(x, y)$ გულის მახასიათებელი რიცხვი.

ამგვარად, თეორემა 1 დამტკიცებულია. მასთან ერთად დამტკიცებულია აგრეთვე

თეორემა 2. თუ (I) გული აკმაყოფილებს G პირობებს, მაშინ ყოველი ფუნდამენტალური ფუნქცია რომელიმე $G_k(x, y)$ გულისა, რომელიც ეთანადება λ_0^k ($k=1, 2, \dots, m$) მახასიათებელ რიცხვს, არის ფუნდამენტალური ფუნქცია (I) გულის სათანადო λ_0 მახასიათებელი რიცხვისა, ხოლო (I) გულის ყოველი ფუნდამენტალური ფუნქცია $\varphi(x)$, რომელიც ეთანადება λ_0 მახასიათებელ რიცხვს, არის წრფივი კომბინაცია $\varphi(x) = \sum \lambda_0^s \varphi_s(x)$, სადაც $\varphi_s(x)$ ფუნდამენტალური ფუნქციაა $G_s(x, y)$ ($1 \leq s \leq m$) გულისა, რომელიც ეთანადება λ_0^s მახასიათებელ რიცხვს.

დამტკიცებული დებულებიდან გამომდინარეობს, რომ (I) გულის ყველა წრფივად დამოუკიდებელი ფუნდამენტალური ფუნქციის ერთობლიობა არის ჯამი $G_n(x, y)$ ($n=1, \dots, m$) გულების წრფივად დამოუკიდებელ ფუნდამენტალურ ფუნქციათა სიმრავლისა.

თეორემა 3. თუ (I) გული აკმაყოფილებს G პირობას და ერთი მაინც ფუნქცია $G_n(x, y)$ ($n=1, \dots, m$) სიმეტრიულია, მაშინ არსებობს (I) გულის ერთი მაინც მახასიათებელი რიცხვი, ხოლო თუ $G_1(x, y)$ სიმეტრიული გულია, მაშინ არსებობს ერთი მაინც ნამდვილი მახასიათებელი რიცხვი.

ეს დებულება გამომდინარეობს სიმეტრიული გულისათვის ერთი მაინც მახასიათებელი რიცხვის არსებობიდან და 1 თეორემიდან.

თეორემა 4. თუ (I) გული აკმაყოფილებს G პირობას და $G_n(x, y)$ ($n=0, 1, \dots, m$) სიმეტრიული ფუნქციებია, მაშინ მისი რეზოლვენტი იქნება შემდეგი სახის მერომორფული ფუნქცია:

$$R(x, y; \lambda) = R_0(x, y; 1) + \lambda R_1(x, y; \lambda) + \dots + \lambda^m R_m(x, y; \lambda^m), \quad (5)$$

სადაც $R_n(x, y; \mu)$ ($n=0, 1, \dots, m$) არიან სათანადო $G_n(x, y)$ ($n=0, 1, \dots, m$) გულები რეზოლვენტები. იმ შემთხვევაში, როდესაც $G_n(x, y)$ გულები უწყვეტია, სიმეტრიულობის პირობა ზედმეტია.

ადვილია შემჩნევა, რომ (1) გული აკმაყოფილებს ტამარკინის [4] I თეორემის ყველა პირობას. (2) უტოლობის ძალით, (1) გულის რეზოლვენტი არსებობს წერტილში $\lambda=0$, ამიტომ (იხ. [4]) იგი λ -ს მერომორფული ფუნქციაა. მისი წარმოდგენა (5) სახით პირდაპირ გამომდინარეობს გურსას ცნობილი თეორემიდან ორთოგონალური გულების ჯამის რეზოლვენტის შესახებ (იხ. [3]).

იმ შემთხვევაში, როდესაც $G_n(x, y)$ გულები უწყვეტია არეში $a \leq x, y \leq b$, მათი სიმეტრიულობის პირობა ზედმეტია, რადგან გურსას თეორემა, რომლის შედეგადაც ჩვენი დებულება, სამართლიანია ნებისმიერი უწყვეტი გულების ჯამისათვის. გურსას თეორემა უშუალოდ შეიძლება განზოგადებულ იქნეს ისეთი სიმეტრიული გულებისათვის, რომელთა კვადრატი შეჯამებადია, თუ გამოვიყენებთ ასეთი გულის რეზოლვენტის დაშლას ხარისხოვან მწკრივად $\lambda=0$ წერტილის მახლობლად (იხ. [5]); ამ დებულების სამართლიანობა არასიმეტრიული გულის შემთხვევაში, რომლის კვადრატი შეჯამებადია, ჩვენთვის არ არის ცნობილი.

2. განვიხილოთ ახლა (A) ტიპის ისეთი განტოლება, რომლის გული არის

$$G(x, y; \lambda) = K(x, y) + \lambda \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^{m_i} \frac{G_k^{(i)}(x, y)}{(\lambda - \lambda_i)^k}, \quad (6)$$

სადაც $K(x, y)$, $G_k^{(i)}(x, y)$ ($k=1, \dots, m_i$; $i=1, \dots, p$) ისეთი ნამდვილი ფუნქციებია, რომელთა კვადრატებიც შეჯამებადია არეში $a \leq x, y \leq b$, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ ნულისაგან განსხვავებული გარკვეული ნამდვილი რიცხვებია, λ კომპლექსური პარამეტრია. უფრო ზოგადი სახის გულები, რომლებიც მერომორფული არიან პარამეტრის მიმართ, განხილულია ჩვენ მიერ [6] ნაშრომში. ამ პარაგრაფში ჩვენ გამოვიყენებთ (6) გულის მახასიათებელი რიცხვებისა და ფუნდამენტალური ფუნქციების ზოგიერთ დამატებით თვისებას.

დავუქვემდებაროთ (6) გული შემდეგ პირობებს (რომელთაც შემდგომ G^* პირობები ვუწოდოთ):

1. $K(x, y)$, $G_k^{(i)}(x, y)$ ($k=1, \dots, m_i$; $i=1, \dots, p$) წყვილ-წყვილად ორთოგონალური გულებია არეში $a \leq x, y \leq b$;

2. ყოველი ფუნქციისათვის $\varphi(x) \in L^2(a, b)$, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას $\int_a^b \varphi^2(x) dx = 1$,

$$\iint_a^b K(x, y) \varphi(x) \varphi(y) dx dy < 1.$$

1 თეორემის დამტკიცების დროს ჩატარებული მსჯელობის ანალოგიური მსჯელობით ადვილია დავაწმუნდეთ შემდეგი დებულების სამართლიანობაში:

თეორემა 5. თუ (6) გული აკმაყოფილებს G^* პირობებს, მაშინ იმისათვის, რომ λ_0 იყოს მახასიათებელი რიცხვი (6) გულისა, აუცილებელია და საკმარისი არსებობდეს ერთი მაინც ისეთი წყვილი რიცხვებისა $t, n, 1 \leq t \leq p, 1 \leq n \leq m_t$, რომ $\lambda_0/(\lambda_0 - \lambda_i)^n$ იყოს $G^{(i)}(x, y)$ გულის მახასიათებელი რიცხვი.

თეორემა 6. თუ (6) აკმაყოფილებს G^* პირობებს, მაშინ ყოველი ფუნდამენტალური ფუნქცია $G_k^{(i)}(x, y) (k=1, \dots, m_i; i=1, \dots, p)$ გულისა, რომელიც ეთანადება $\lambda_0/(\lambda_0 - \lambda_i)^n$ მახასიათებელ რიცხვს, არის ფუნდამენტალური ფუნქცია (6) გულის სათანადო λ_0 მახასიათებელი რიცხვისა, ხოლო (6) გულის ყოველი ფუნდამენტალური ფუნქცია $\varphi(x)$, რომელიც ეთანადება λ_0 მახასიათებელ რიცხვს, არის წრფივი კომბინაცია $\varphi(x) = \lambda_0 \sum \sum \varphi_k^{(i)}(x)/(\lambda_0 - \lambda_i)^k$, სადაც $\lambda_0/(\lambda_0 - \lambda_i)^k$ და $\varphi_k^{(i)}(x)$ არიან მახასიათებელი რიცხვები და ფუნდამენტალური ფუნქციები $G_k^{(i)}(x, y)$ გულისა.

როგორც შედეგი მე-5 თეორემისა და ცნობილი დებულებისა სიმეტრიული გულის შემთხვევაში ერთი მაინც მახასიათებელი რიცხვის არსებობისა, მიიღება

თეორემა 7. თუ (6) გული აკმაყოფილებს G^* პირობებს და $G_k^{(i)}(x, y) (i=1, 2, \dots, p)$ ფუნქციები შორის ერთი მაინც სიმეტრიულია, მაშინ არსებობს (6) გულის ერთი მაინც ნამდვილი მახასიათებელი რიცხვი.

განიხილოთ ახლა გული

$$G(x, y; \lambda) = K(x, y) + \lambda \sum_{i=1}^p \frac{G^{(i)}(x, y)}{\lambda - \lambda_i} \quad (7)$$

თეორემა 8. თუ (7) გული აკმაყოფილებს G^* პირობებს და, გარდა ამისა, $K(x, y)$ და $G^{(i)}(x, y)$ სიმეტრიული ფუნქციებია, მაშინ არსებობს ყოველ შემთხვევაში (7) გულის p მახასიათებელი რიცხვი. (7) გულის ყველა მახასიათებელი რიცხვი ნამდვილია და ნამდვილი დერძის ყოველ სასრულ ნაწილში, რომელშიც არ არის მოთავსებული არც ერთი λ_i წერტილი, მოთავსდება (7) გულის მახასიათებელ რიცხვთა სასრული სიმრავლე.

ყოველ $G^{(i)}(x, y) (i=1, 2, \dots, p)$ გულს აქვს ერთი მაინც ნამდვილი მახასიათებელი რიცხვი μ_i , ამიტომ, მე-5 თეორემის ძალით, (7) გულს აქვს ყოველ შემთხვევაში p ნამდვილი მახასიათებელი რიცხვი, $\lambda_i^* = \mu_i \lambda_i (\mu_i - 1) (i=1, \dots, p)$. ვთქვათ ახლა, რომ λ_0 კომპლექსური მახასიათებელი რიცხვია (7) გულისა. მაშინ, მე-5 თეორემის ძალით, კომპლექსური რიცხვი $\mu_i = \lambda_0 (\lambda_0 - \lambda_i)$ იქნება მახასიათებელი რიცხვი $G^{(i)}(x, y)$ გულისა, რაც შეუძლებელია. ვთქვათ ახლა, რომელიმე ინტერვალში, რომელშიც არ არის მოთავსებული არც ერთი λ_i წერტილი, იყოფება უსასრულო სიმრავლე (7) გულის მახასიათებელი რიცხვებისა.

მაშინ, მე-5 თეორემის ძალით, ერთს მაინც $G^{(i)}(x, y)$ ($i=1, \dots, p$) გულებიდან ექნება უსასრულო სიმრავლე ისეთი მახასიათებელი რიცხვებისა

$$|\mu_1| < |\mu_2| < \dots < |\mu_n| < \dots,$$

რომლის ზღვრული წერტილი უსასრულობაში იქნება, აქედან გამოდინარეობს, რომ სათანადო სიმრავლე (7) გულის მახასიათებელი რიცხვებისა

$$\lambda^{(n)} = \frac{|\mu_n| \lambda_i}{|\mu_n - 1|}, \quad (n=1, 2, \dots),$$

რომელიც მთლიანად მოთავსებულია ისეთ ინტერვალში, რომელშიდაც არ არის წერტილი $\lambda = \lambda_i$, მიისწრაფვის $\lambda = \lambda_i$ წერტილისაკენ, რაც შეუძლებელია.

დამტკიცებული თეორემიდან გამოდინარეობს, რომ (7) გულის მახასიათებელ რიცხვთა სიმრავლის ზღვრული წერტილები ნამდვილი ღერძის სასრულ ნაწილში შეიძლება იქნეს მხოლოდ (7) გულის პოლუსები λ_i ($i=1, \dots, p$). როგორც შედეგი მე-5 თეორემისა, გვაქვს

თეორემა 9. იმისათვის, რომ (7) გულს, რომელიც აკმაყოფილებს მე-8 თეორემის პირობებს, ჰქონდეს სასრული რაოდენობა მახასიათებელი რიცხვებისა, აუცილებელია და საკმარისი, რომ ყველა $G^{(i)}(x, y)$ ($i=1, 2, \dots, p$) გულს ჰქონდეს სასრული რაოდენობა მახასიათებელი რიცხვებისა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ა. რაზმაძის სახ. თბილისის მათემატიკის
 ინსტიტუტი

სტალინის სახელობის თბილისის
 სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 15.4.1947)

დავითიშვილი ლიბერატორა

1. დ. ხარაზოვი. წრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა შესახებ, რომელთა გული პარამეტრის მთელი რაციონალური ფუნქციაა. საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. VI, № 9, 1945.
2. დ. ხარაზოვი. მახასიათებელი რიცხვების შესახებ ისეთ ინტეგრალურ განტოლებათათვის, რომელთა გული პარამეტრის მთელი რაციონალური ფუნქციაა. თბილისის მათემატიკის ინსტ. შრომები, ტ. XIV, 1947.
3. Э. Гурса. Курс математического анализа. т. III, ч. II, М.-Л., 1934, стр. 69.
4. I. D. Tamarkin. On Fredholm's integral equations, whose kernels are analytic in a parameter. Annals of Math. v. 28, № 2, 1927.
5. И. Голдфайн. К теории линейных интегральных уравнений... Уч. записки МГУ, выпуск XV, 1939.
6. დ. ხარაზოვი. ინტეგრალური განტოლების მერომორფული გულის მახასიათებელი რიცხვების შესახებ. საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. VI, № 7, 1946.

DREISSENSIA-ს ნიჰარის მორფოლოგიის ერთი ელემენტის შესახებ

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ა. ჯანელიძემ 15.2.1947)

გურიის კუიალნიკური სართულის ნალექებიდან გამოყოფილი *Dreissensia choriensis* Tsel.-ს [1] შესწავლის დროს ჩემი ყურადღება მიიქცია ტიხრის ქვევით დორსული კიდისაკენ არსებულმა ფოსოჲ. ამ ფოსოს ზოგჯერ კონუსისებური ფორმა აქვს, ზოგჯერ იგი ელიფსურია და ქვევიდან წვრილ ლილვაკით არის შემოფარგლული. უფრო ხშირად ეს ფოსო ნახევრად ტიხრის გარეთ არას მოთავსებული და მაშინ მისი დანახვა ადვილია.

შემდგომ *Dr. choriensis* მე ფოქეშის (აფხაზეთი) კუიალნიკურ ნალექებშიაც ვიპოვე. ზემოაღნიშნული ფოსო ფოქეშის ნიმუშსაც ახასიათებს. ფოქეშის ფორმა ტიპური *Dr. choriensis*-საგან მხოლოდ ნიჰარის სიპატარავით განსხვავდება.

ჩვენ ხელთ არსებული დრეისენსიების მრავალრიცხოვანი ნიჰარების შემოწმების დროს შემჩნეულ იქნა, რომ გურიის ზედა პონტური ნალექების *Dr. anisoconcha* Andrus.-ს ჯგუფის ზოგიერთ ნიმუშს ასეთივე ფოსო აქვს, მაგრამ ეს ფოსო სუსტად არის გამოსახული. დაახლოებით ასეთივე ფოსო ახასიათებს „გურიის შრეების“ *Dr. ex gr. rostriformis* Desh.-ს.

აკად. ნ. ანდრუსოვი [2], აგრეთვე სხვა მკვლევარნი, ასეთი ფოსოების არსებობას *Dreissensia*-ს ნიჰარის მორფოლოგიის დახასიათების დროს არ იხსენიებენ.

აღსანიშნავია, რომ *Congeria*-ს ნიჰარა *Dreissensia*-ს ნიჰარისაგან უმთავრესად აპოფიზის არსებობით განსხვავდება. აპოფიზი ფეხის წინა კუნთის მისამაგრებელი ადგილია, მდებარეობს ტიხრის ქვევით და კოვზისებური ფორმა აქვს. კოვზის ჩაღრმავებული ნაწილი წარმოადგენს ფეხის წინა კუნთის მისამაგრებელ ადგილს. ამავე ოჯახში შემავალ *Dreissensiomya*-ს აპოფიზი აქვს, მაგრამ, ტიხრის რედუქციასთან დაკავშირებით, ის ცვლილებას განიცდის. ასეთ შემთხვევაში ფეხის წინა კუნთი მიმაგრებულია სუსტად განვითარებულ ტიხარზე ან უშუალოდ საგდულის შივა კედელზე. მაგ. *Dreissensiomya aperta* Desh.-ს, რომელსაც კიდევ აქვს სუსტად განვითარებული ტიხარი, ფეხის წინა კუნთის აღნაბეჭდი მოთავსებული აქვს თვით ტიხარზე და, ამგვარად, მის დამოუკიდებელი აპოფიზი არ ახასიათებს [3].

Congeria-სა და *Dreissensiomya*-საგან განსხვავებით, *Dreissensia*-ს აპოფიზი არა აქვს, ხოლო ფეხის წინა კუნთის მისამაგრებელი ადგილის მდებარეობა და მისი ხასიათი დღესაც ვარკვეული არ არის. ოპენჰეიმის (Oppenheim) [2] მიხედვით, ფეხის წინა კუნთის აღნაბეჭდი „ტიხარის ქვედა მხარეზე უნდა მდებარეობდეს“, მაგრამ, როგორც ჩანს, ის იმდენად სუსტია, რომ მისი შეიმჩნევა შეუძლებელია.

დეეს (Deshyes) [2] მიხედვით, ფეხის წინა კუნთი მიმაგრებულია ტიხარს ქვევით საკეტი კიდის შიგა ნაწილზე.

სხვა ავტორები ფეხის წინა კუნთის მისამაგრებელი ადგილის შესახებ არაფერს ლაპარაკობენ და, როგორც ნ. ანდრუსოვი [2] აღნიშნავს, ფეხის წინა კუნთის მისამაგრებელი ადგილის მდებარეობა არც ერთი ავტორის მიერ არ არის საჭირო სიზუსტით აღნიშნული. ანდრუსოვი [2] შენიშნავს, რომ „было бы весьма интересно изучить вопрос точнее на свежих экземплярах *Dreissensia polymorpha*, *rostriformis* etc.“

Dr. choriensis-ს ნიქარის მორფოლოგიის დახასიათების დროს აღწერილი ფოსოების მუდმივობა, ერთსა და იმავე ადგილზე მათი არსებობა და ვარკვეული ფორმა გვაფიქრებინებს, რომ ეს ფეხის წინა კუნთის (*musculus retractor pedis anterior*) მისამაგრებელი ადგილი არის. ნიმუშების შესწავლის დროს, სამწუხაროდ, კუნთის უშუალო ანაბეჭდი ამ ფოსოებზე არ შემიმჩნევია. რამდენიმე ნიმუშს თითქოს ასეთი ანაბეჭდები აქვს, მაგრამ დაბეჯითებით ამის თქმა ძნელია. საინტერესოა აღვნიშნოთ, რომ ფეხის წინა კუნთის მისამაგრებელი ადგილის ჩვენ მიერ მითითებული მდებარეობა საკვებით შეესაბამება დეეს მიერ მოცემულ განსაზღვრას, რადგან ეს ფოსო სწორე ტიხარს ქვევით ზედა კიდისაკენ მდებარეობს და უშუალოდ საგდულის შიგა ზედაპირზეა მოთავსებული.

ახალგაზრდობის სტადიაში *Dreissensia*-ს დანიშნულება გადაადგილებაა. უფრო გვიან *Dreissensia* მიემაგრება წყალქვეშა საგნებს ბისუსის საშუალებით, ხოლო ფეხი შეგრძნების ფუნქციას იძენს. ფეხის კუნთების დანიშნულებაა ფეხისა და ბისუსის შეწევა-გამოწევის რეგულირება. მაგრამ თავისუფლად გადაადგილების უნარი ცხოველს არც მოზრდილობაში ეკარგება. თუ შემთხვევით ცხოველი მოწყვეტილ იქნა საგნიდან, ის იწყებს ლოლვას, სანამ ისევ არ იპოვის მიმაგრებისათვის ხელსაყრელ ადგილს.

Dr. choriensis ძლიერ არათანაბარსაგდულიანია და საკმაოდ განიერი ბისალური ხანი აქვს. როგორც ჩანს, ცხოველს ძლიერ განვითარებული ბისუსი ჰქონდა.

Dreissensia-ს წარმომადგენლებს ბისუსი განვითარებული აქვთ არაერთნაირად. ო. გრიმის [4] მიხედვით, *Dr. rostriformis* Desh.-ს ბისუსი თითქმის არა აქვს. ავტორის შეხედულებით, ეს გამოწვეულია იმით, რომ ცხოველი ზღვის ღრმა ჰორიზონტებში ცხოვრობს, სადაც ზღვის დეღვა ვერ აღწევს. *Dr. polymorpha* Pall., პირიქით, მარჩბი წყლის ფორმაა, რის გამოც მას კარგად განვითარებული ბისუსი აქვს წყალქვეშა საგნებზე მიმაგრებისათვის. როდესაც

Dr. polymorpha ცხოვრობს ისეთ სიღრმეში, სადაც წყლის ღელვა ვერ აღწევს, მაშინ მას ძლიერი ბისუსი არ უვითარდება ([4], გვ. 74).

Dr. choriensis Dr. rostriformis Desh.-სთან ძლიერ ახლოს მდგომი ფორმაა, მაგრამ ის შედარებით მარჩხი ზღვის პირობებთან არის შეგუებული. ამ მოსაზრებას ადასტურებს *Dr. choriensis*-ის ნივარის სქელკედლიანობა და, რაც უმთავრესია, ძლიერი ბისალური ხანის არსებობა. ამასვე ადასტურებენ სხვა ფორმები, რომლებიც მასთან ერთად არიან ნაპოვნი. მაგ. *Charoconcha postcimmeria* David. საგდულის სქელკედლიანობით განსხვავდება მის პონტურ და კიმერიულ წინაპრისაგან. *Didacna Medeae* David. აგრეთვე საგდულის სქელი კედლითა და მასიური საკეტი აპარატი ხასიათდება. ბოლოს ამასვე ადასტურებს შემცველი ქანების ლითოლოგიური ხასიათიც.

ამგვარად, ზღვის ღრმა ჰორიზონტებიდან მარჩხ ზოლში გადმოსახლების დროს, რაც შესაძლებელია კვების პირობებით იყო გამოწვეული, ცხოველი იძულებული იქნებოდა ცხოვრების ახალ გარემოს შეგუებოდა. მარჩხ წყალში ტალღების ძლიერი მოძრაობის გამო *Dr. choriensis*-ს საიმედო მიმაგრების მიზნით მძლავრი ბისუსი უნდა განეითარებინა. მიმაგრებული ცხოველი ტალღას შესაძლებელია სუბსტრატიდანაც კი მოეწყვიტა. ამ შემთხვევაში ცხოველი იძულებული იქნებოდა ფსკერზე ელოდა ფეხის საშუალებით, რომელიც აქამდე მხოლოდ შეგრძნების ფუნქციას ასრულებდა.

ბისუსის ძლიერმა განვითარებამ და ფეხის, როგორც სამოძრაო ორგანოს, ფუნქციის გაზრდამ გამოიწვია ალბათ ფეხის კუნთების გაძლიერება.

ცხოვრების პირობების ასეთი მკვეთრი შეცვლა საერთოდ უჩვეულო არ არის. პირიქით, ცნობილია, რომ პატარა ტაქსონომიური ერთეულის ფარგლებშიც კი, ძალიან მოკლე დროის განმავლობაში ცხოვრების პირობები შეიძლება შესამჩნევად შეიცვალოს.

ზემოთ გამოთქმული მოსაზრება, რასაკვირველია, ჯერჯერობით საესებით დასაბუთებულად ვერ ჩაითვლება. საინტერესოა ამ თვალსაზრისით მარჩხი წყლის დრეისენსიების, განსაკუთრებით კი დუბის შრეების დრეისენსიების შესწავლა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციის მოუვიდა 28.2.1947)

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. გ. გელიძე. გურიის ქვედა და შუა პლიოცენის ორსაგდულიანები. საქ. სახ. მეზემის მოამბე, ტ. XIII—A, 1946.
2. Н. И. Андрусов. Ископаемые и живущие Dreissensidae Евразии. Тр. С. Петерб. Общ. Естествоисп. Отд. Геологии и Минералогии, Том XXV, Петербург, 1897.
3. Л. Ш. Давиташвили. Обзор моллюсков третичных и послетретичных: отложений Крымско-Кавказской нефтеносной провинции, Л.—1933.
4. О. А. Гримм. Каспийское море и его фауна. Тр. Арало-Каспийской экспедиции, Выпуск II, тетрадь 2, Петербург, 1933.

ტექნიკა

6. კალატონიზმილი

სინქრონიზმიდან გასული ჰიდროელექტროაგრეგატის სინქრონიზმში
 შეყვანის შესახებ

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ა. დიდებულიძემ 30.1.1947)

ელექტროსადგურების პარალელური მუშაობის მდგრადობის დინამიკური დაშლის განხილვის დროს ინტერესს წარმოადგენს სინქრონიზმიდან გასული მანქანების სინქრონიზმში დაბრუნება ქსელიდან გამოურთველად. ამით შეიძლება აცილებულ იქნეს ელექტრომომხმარებლების კვების შეწყვეტა, ხოლო ზოგ შემთხვევაში მთელი სისტემის მუშაობის მოშლაც.

სინქრონიზმში შეყვანის ექსპერიმენტები წარმოებული იყო როგორც სსრკ-ში, ისე ამერიკის შეერთებულ შტატებსა და გერმანიაში, მაგრამ ეს ექსპერიმენტები მხოლოდ თბოსადგურებზე ტარდებოდა.

ამ სტატიაში ჩვენ ვიხილავთ სინქრონიზმიდან გასული ჰიდროელექტროაგრეგატის სინქრონიზმში შეყვანის საკითხს იმ შემთხვევისთვის, როდესაც აგრეგატი მუშაობს უსასრულო სიმძლავრის სალტებზე.

როგორც ცნობილია, აგრეგატის სინქრონიზმიდან გასვლისას მისი კუთხე უსასრულო სიმძლავრის ღერძთან, — აღენიშნოთ ეს კუთხე δ -ით, — იწყებს სწრაფ ზრდის და პარალელური მუშაობა ამგვარ რეჟიმში შეუძლებელი ხდება. სინქრონიზმში შესაყვანად საჭიროა ვიმოქმედოთ პირველად ძრავზე და დავიყვანოთ მისი სიმძლავრე დაახლოებით გენერატორის დატვირთვამდე, რას შემდეგაც, მასინქრონიზებული ძალის მეოხებით, მანქანა შედის სინქრონიზმში.

დინამიკური მდგრადობის დარღვევას, ძირითადად, მოკლედ შერთვის დროს აქვს ადგილი. ამასთანავე, დროის შუალედში მოკლედ შერთვის მომენტიდან მის გამორთვამდე მანქანა ჩვეულებრივ განიტვირთება ხოლმე და უფრო ჩქარა ბრუნავს, რადგანაც პირველადი ძრავი ვერ ასწრებს თავისი სიმძლავრის შემცირებას.

მოკლედ შერთული უზნის გამორთვის შემდეგ მთელ რიგ შემთხვევებში მანქანა იმდენად არის ხოლმე დაცილებული უსასრულო სიმძლავრის სისტემიდან, რომ თავისით არ შეუძლია სინქრონიზმში დაბრუნება. სწორედ ეს შემთხვევები წარმოადგენენ ჩვენი განხილვის საგანს. თუ ამ პირობებში დროულად და სწრაფად შევამცირებთ პირველადი ძრავის (ტურბინის) სიმძლავრეს, შეგვიძლია შევიყვანოთ მანქანა სინქრონიზმში.

თავისთავად ცხადია, რომ ტურბინაზე ამგვარად მოქმედი მოწყობილობა ავტომატური უნდა იყოს. ამ მოწყობილობისაგან მოითხოვება, რომ მან:

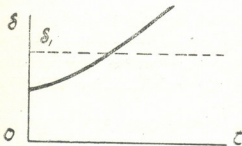
საქართველოს
 აკადემია

1. ავტომატურიდ დაიწყოს მუშაობა სინქრონიზმის დარღვევის დროს და
 2. სწრაფად შეცვალოს ტურბინის სიმძლავრე იმ სიდიდემდე, რომელიც უზ-
 რუნველყოფს აგრეგატის სინქრონიზმში შესვლას.

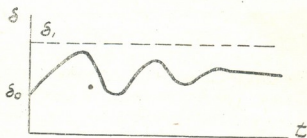
ცალ-ცალკე განვიხილოთ ეს მოთხოვნები.

1. მანქანის სინქრონიზმიდან გასვლის უშუალო ნიშანს წარმოადგენს რო-
 ტორსა და უსასრულო სიმძლავრის ღერძს შორის δ კუთხის ზრდა. ნორმა-
 ლურ რეჟიმში ეს კუთხე არის δ_0 .

თუ გრაფიკულად გამოვსახავთ δ კუთხის t დროიდან დამოკიდებულებას,
 მაშინ სინქრონიზმიდან გასვლის შემთხვევისთვის მრუდი ისეთი იქნება, რო-
 გორც პირველ ნახაზზეა, ხოლო არგასვლის შემთხვევისთვის—როგორც მეორე
 ნახაზზეა (იხ. ნახ. 1 და 2).



ნახ. 1.



ნახ. 2.

მაშინ შეგვიძლია ხელსაწყო, რომელიც ზომავს δ კუთხეს, ისე გავაკეთოთ,
 რომ იგი აძლევდეს სინქრონიზაციის მოწყობილობის ჩართვის იმპულსს მაშინ,
 როდესაც კუთხე მიაღწევს δ_1 სიდიდეს. ჭეშობაში მყოფი აგრეგატის δ კუთ-
 ხის გამზომველი ხელსაწყოები რამდენიმე ტიპისაა და ხსენებული მიზნისათ-
 ვის მათი გამოყენება სიძნელეს არ წარმოადგენს.

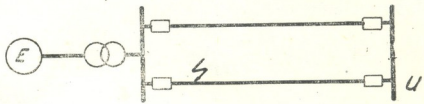
როგორც მეორე ნიშანი სინქრონიზმიდან გასვლისა შეიძლება იქნეს გან-
 ხილული მოკლედ შერთვის ფაქტი, რადგანაც ჩვეულებრივ სწორედ ამ შემთ-
 ხვევაში გადის მანქანა სინქრონიზმიდან. ვთქვათ, გვაქვს აგრეგატის სისტემაში
 მუშაობის შემდეგი სქემა (იხ. ნახ. 3).

დავუშვათ, რომ ერთ ხაზში სამუფაზა მოკლედ შერთვის დროს მანქანა
 გადის სინქრონიზმიდან, ხოლო ცალფაზა მოკლედ შერთვის დროს არ გადის.
 მაშინ ძნელი არაა ისეთი სქემის შესრულება, რომელიც ჩართავს მუშაობაში
 სინქრონიზაციის მოწყობილობას მხოლოდ სამუფაზა მოკლედ შერთვის დროს.

თუ შევადარებთ სინქრონიზაციის მოწყობილობის ჩართვის ზემოთყვა-
 ნილ ორ ხერხს, შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ მოკლედ შერთვის ნიშნის ხერ-
 ხის გამოყენება უზრუნველყოფს სქემის უფრო სწრაფად ამუშავებას, სხელ-
 დობრ—აგრეგატის სინქრონიზმიდან გასვლამდე. მის უარყოფით მხარეს წარ-
 მოადგენს წინასწარი გათვლების აუცილებლობა, რათა მათი გამოყენებით ისე
 იქნეს შედგენილი სქემა, რომ იგი მუშაობდეს მხოლოდ იმ ავარიების შემთხვე-
 ვებში, რომლებიც იწვევენ აგრეგატის სინქრონიზმიდან გასვლას.

პრინციპულად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ორივე ხერხი და ერთ-ერთი უნდა ავირჩიოთ მთელი მოწყობილობის კონკრეტულად შესრულების დროს.

2. სინქრონიზმიდან გასული მანქანის სინქრონიზაციისათვის, როგორც უკვე იყო აღნიშნული, საჭიროა პირველადი ძრავის სიმძლავრის სწრაფი



ნახ. 3.

შემცირება. ტურბინების რეგულატორების კონსტრუქცია იძლევა მანქანის სიმძლავრის შეცვლის შესაძლებლობას ან ბრუნვათა რიცხვის შემცველი მოწყობილობის, ან გაღების შემზღუდელის საშუალებით. პირველი მათგანი ჩვენი მიზნისთვის არ არის გამოსადეგი, რადგანაც მას აქვს მხოლოდ ძრავის სიმძლავრის ნელი შეცვლის შესაძლებლობა და ისიც $\pm 5\%$ პროცენტზე; რაც შეეხება შემზღუდელს, იგი სავსებით გამოიყენება მისი სწრაფი მოქმედების შესაძლებლობის გამო.

პელტონის სისტემის ტურბინებისთვის უკეთესია ამ მიზნით ნაკადის ამცილებლის (დეფლექტორის) გამოყენება—როგორც მისი სწრაფად მოქმედების გამო, ისე იმის გამოც, რომ მისი გამოყენება არ იწვევს ჰიდრაკლიკურ დარტყმას საწნეო მილსადენში.

გადავდივართ მოვლენის ანალიზზე.

აგრეგატის როტორის შეთანასწორება შეიძლება ასე დაიწეროს:

$$M \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_T - P_r,$$

სადაც M ინერციის მუდმივია, P_T — ტურბინის სიმძლავრე, P_r — გენერატორის სიმძლავრე.

დამდგარებული მოძრაობის დროს $P_T = P_r$.

ეთქვათ, ერთ პარალელურ ხაზთაგანზე აგრეგატის მახლობლად მოხდა მოკლედ შერთვა (იხ. ნახ. 3). მაშინ შეგვაძლია ჩავთვალოთ, რომ მოკლედ შერთვის დროის განმავლობაში გენერატორის სიმძლავრე (დატვირთვა) უდრის ნულს. ტურბინის სიმძლავრე ამ მოკლე ხნის განმავლობაში უცვლელი იქნება და ავარიამდელ სიმძლავრეს ეთანაბრება.

გვექნება:

$$M \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_T - 0 = C_1,$$

ანუ

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{d\delta}{dt} \right) = C, \quad \text{სადაც } C = \frac{C_1}{M}.$$

აქედან

$$\frac{d\delta}{dt} = Ct + v_0, \quad \text{სადაც } v_0 = \left| \frac{d\delta}{dt} \right|_{t=0}$$

რადგანაც მოკლედ შერთვამდე გვაქვს დამდგარებული ძრავობა, $v_0 = 0$ და

$$\frac{d\delta}{dt} = Ct.$$

შემდეგ:

$$\delta = \frac{Ct^2}{2} + \delta_0,$$

სადაც δ_0 არის კუთხე, როდესაც $t=0$.

ეთქვათ, მოკლედ შერთვის ხანგრძლიობა არის t_1 წამი. მაშინ მოკლედ შერთვის გამორთვის მომენტში კუთხე იქნება

$$\delta_1 = \delta_0 + \frac{Ct_1^2}{2}.$$

ამ მომენტში სიჩქარე იქნება

$$v_1 = Ct_1.$$

მოკლედ შერთული უბნის ამორთვის შემდეგ იქნება აღდგენილი კავშირი აგრეგატსა და სალტეებს შორის (ერთი ხაზის საშუალებით) და იწყება ახალი გარდამავალი პროცესი. საწყის პირობებზე დამოკიდებით, ე. ი. δ_1 და v_1 სიდიდეების, აგრეთვე სისტემის პარამეტრების მიხედვით, ეს პროცესი შეიძლება იქნეს ან მდგრადი, ან უმდგრადი.

როგორც ცნობილია, ამგვარ რეჟიმში მოძრაობის მდგრადობის კრიტერიუმი, ე. ი. პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდნენ სისტემის პარამეტრები და საწყისი მნიშვნელობები მისთვის, რომ ძრავა იყოს მდგრადი, შეიძლება სხვადასხვანაირად გამოისახოს. ჩვენ ვისარგებლოთ შემდეგი ფორმულით [1]:

$$\int_{\delta_1}^{\delta_1} \Phi(\delta) d\delta + \frac{x}{EU} T \equiv 0, \quad (1)$$

$$\text{სადაც: } \Phi(\delta) = P_T \frac{x}{EU} - \sin \delta,$$

x -მთელი წრის რეაქტანცი (გენერატორის E ე. მ. ძალასა და სალტეების U ძაბვას შორის),

$$\delta_1 = \delta_0 + \frac{Ct_1^2}{2},$$

$$\delta_1 = 180^\circ - \arcsin P_T \frac{x}{EU},$$

T —როტორის ცოცხალი ძალა $t=t_1$ -ის მომენტში. ჩვენ შემთხვევაში

$$T = P_T (\delta_1 - \delta_0).$$

ავიღოთ ინტეგრალი (1) გამოსახულებაში:

$$\left| P_T \frac{x}{EU} \delta + \cos \delta \right|_{\delta_1}^{180^\circ - \arcsin P_T \frac{x}{EU}} + P_T \frac{x}{EU} (\delta_1 - \delta_0) \equiv 0,$$

ჩავსვათ δ -ს მნიშვნელობები და მოვახდინოთ გარდაქმნები, მივიღებთ:

$$\frac{P_T x}{EU} \left(\pi - \arcsin P_T \frac{x}{EU} \right) \pm \sqrt{1 - \left(P_T \frac{x}{EU} \right)^2} - \cos \delta_1 - P_T \frac{x}{EU} \delta_0 \equiv 0 \dots (2)$$

ჩვენ ზემოთ გვექონდა მიღებული

$$\delta_1 = \delta_0 + \frac{C t_1^2}{2} = \delta_0 + \frac{(P_T - P_T) t_1^2}{2M},$$

და რადგანაც მოკლედ შერთვის პერიოდში $P_T = 0$, გვექნება:

$$\delta_1 = \delta_0 + P_T \frac{t_1^2}{2M}.$$

აღვნიშნოთ:

$$a = \frac{x}{EU}, \quad b = \frac{t_1^2}{2M},$$

ჩავსვათ (2) უთანასწორობაში და მივიღებთ:

$$-a P_T \arcsin a P_T (\pi - \delta_0) \pm \sqrt{1 - (a P_T)^2} - \cos (\delta_0 + b P_T) \equiv 0.$$

მიღებულ უთანასწორობაში ცნობილია x , U , t , M .

სიდიდე E ყოველი ავარიისწინა რეჟიმისთვის წარმოადგენს P_T სიმძლავრის გარკვეულ ფუნქციას და, მაშასადამე, აგრეთვე ცნობილია.

ამრიგად, მიღებული უთანასწორობა აკავშირებს ორ სიდიდეს: P_T და δ_0 . თუ გვაქვს მოცემული δ_0 კუთხის რომელიმე მნიშვნელობა, მაშინ მოკლედ შერთვის ამორთვის შემდეგ მანქანის სინქრონიზმში დაბრუნებისათვის საჭიროა, რომ F_T იყოს მოყვანილი უთანასწორობის ფარგლებში.

ზემომოყვანილი უთანასწორობა მოკლედ ასე აღვნიშნოთ:

$$f(P_T, \delta_0) = 0.$$

თუ ახლა ავიღებთ შეთანასწორებას

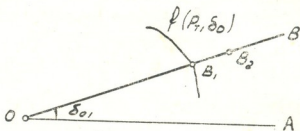
$$f(P_T, \delta_0) = 0$$

და გამოვხატავთ მას P_T და δ_0 პოლარულ კოორდინაციებში, მაშინ მივიღებთ ერთგვარ მრუდს (იხ. ნახ. 4), რომელიც გაყოფს მთელ სიბრტყეს ორ არედერთს შეესაბამება მდგრადი გარდამავალი პროცესები, მეორეს—უმდგრადი.

ვთქვათ, რომელიმე ნორმალურ რეჟიმს შეესაბამება კუთხის მნიშვნელობა δ_{01} . მაშინ იმისათვის, რომ მოკლედ შერთვის და მისი ამორთვის შემდეგ მანქანა შევიდეს სინქრონიზმში, საჭიროა P_T იყოს OB -ზე ნაკლები.

აქედან მიიღება სინქრონიზმში შეყვანის ხერხი: ტურბანის სიმძლავრის სწრაფი შემცირება OB -ზე ნაკლებ სიდიდემდე.

სინქრონიზმში შეყვანილი მოწყობილობა შეიძლება უსრულელებულ იქნეს შემდეგნაირად (ნახ. 4).



ნახ. 4.

ღერძი OA წარმოადგენს უსასრულო სიმძლავრის სალტეების ძაბვის ვექტორის მიმართულებას. სხივ OB -ს, მიმართულს მანქანის ე. მ. ძალის გასწვრივ, აქვს O წერტილის გარშემო ბრუნვის შესაძლებლობა. ნორმალური რეჟიმის ყოველ მომენტში მისი მიმართულება შეადგენს შესაბამის δ_0 კუთხეს OA ღერძთან. სხივ OB -ს გასწვრივ მოძრაობის შესაძლებლობა აქვს ელექტრომტარად წერტილოვან კონტაქტს, რომლის მდებარეობა შეესაბამება ტურბინის P_r სიმძლავრეს. ნახატის სიბრტყე $f(P_r, \delta_0) = 0$ მრუდის მიერ გაყოფილია ორ არედ, რომელთაგან ერთი, ცენტრის მხარეს მდებარე, არის არაგამტარიანი, ხოლო მეორე გამტარიანი.

ტურბინის სიმძლავრის სწრაფი შემზღუდველის მოქმედებაში მომყვანი ელექტროწრედი ვაყვანილია ზემოხსენებულ კონტაქტსა და სიბრტყის გამტარიან ნაწილზე.

კონსტრუქციის მოხერხებულობის მიზნით უკეთესია, რომ სხივი OB იქნეს უძრავი, ხოლო მთელი დანარჩენი ნაწილი მოძრავი O წერტილის ირგვლივ.

თუ რომელიმე რეჟიმის დროს მოხდა მოკლედ შერთვა, მდგრადობა დამოკიდებული იქნება იმაზე, თუ რა ადგილას მდებარეობს წერტილოვანი კონტაქტი. ვთქვათ, იგი მდებარეობს B_1 წერტილში, რომელსაც შეესაბამება უმდგრადი ნდგომარეობა. მაშინ მასინქრონიზებული მოწყობილობის მუშაობაში ჩართვის მომენტიდან შემზღუდველის ელექტროწრედი შეიკვრება და P_r სიმძლავრე სწრაფად იწყებს შემცირებას. ამასთანავე კონტაქტი, რომელიც დაკავშირებულია ტურბინის სიმძლავრესთან, გადაადგილდება OB სხივზე ცენტრის მიმართულებით და როდესაც იგი გადასცილდება $f(P_r, \delta_0) = 0$ მრუდს, ელექტროწრედი გაიხსნება და სიმძლავრის შეზღუდვა შეწყდება. ამის შემდეგ მანქანა თავისით შევა სინქრონიზმში.

მოკლედ შერთვის მომენტიდან უნდა იქნეს შეწყვეტილი ფიგურის ბრუნვა O ღერძის ირგვლივ, რის მოწყობაც ადვილია.



ზემოაწერილი წინადადება წარმოადგენს სინქრონიზმში შეყვანი მოწყობილობის პრინციპულ მხარეს და მისი რეალიზაციისთვის საჭიროა როგორც დამატებითი თეორიული გამოკვლევა, ისე კონსტრუქციის დამუშავება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ენერგეტიკის სექტორი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 30.1.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. А. Горев. Введение в теорию устойчивости параллельной работы электрических станций. ч. I, Ленинград, 1935.



ლ. აბელიშვილი

მულტივი დენის წების ძრავის სიჩქარის ელექტრომექანიკური დამახასიათებელი მრუდის ემპირიული განტოლება

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ა. დიდებულიძემ 1.2.1947)

წების ძრავების ელექტრომექანიკური დამახასიათებელი მრუდები გრაფიკულად მოიცემა ხოლმე.

იმავე დროს ელექტროწების მთელ რიგ ამოცანებში სასურველია დამახასიათებელი მრუდების ცოდნა უფრო ზოგადი სახით. ამიტომ სხვადასხვა ავტორს [1] მოჰყავს ე. წ. უნივერსალური მრუდები ან დამახასიათებელთა ემპირიული განტოლებანი.

უნივერსალური დამახასიათებლები აგებულია მათი მსგავსობის პირობაზე გარკვეული (მაგალითად, საათური) რეჟიმის მიმართ. სინამდვილეში კი ძრავის ნომინალური სიმძლავრის ცვლილებისას მრუდების მსგავსობა ირღვევა.

ემპირულმა ფორმულებმა [1], თუმცა ზოგი მათგანი შეიცავს ძრავის სიმძლავრეს, ვერ ჰპოვეს პრაქტიკაში საკმარისი გავრცელება, რაც აიხსნება მათი სპეციფიკური, ცალკეული კერძო ამოცანებისათვის გამოსადეგი აგებულებით.

ქვემოთ მოცემულია სიჩქარის ელექტრომექანიკური დამახასიათებელი მრუდის ემპირიული განტოლება წების ძრავების აღმავალი სიმძლავრის ტიპობრივი ვიდიმარის რეგისათვის [2]. მოცემული ფორმულები მოიხმარება უნივერსალური მრუდების სახით, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ელექტროწების ფრიად აქტუალურ ამოცანაში—წების ანგარიშში პანტოგრაფზე ცვლადი ძაბვის დროს, ძრავის სიმძლავრის შერჩევაში, დაძვრის წინააღობის დამატებითი საფეხურების განსაზღვრაში და სხვა.

ქვემოთ, როგორც ძირითადი, იხილება მხოლოდ სიჩქარის ელექტრომექანიკური დამახასიათებელი მრუდი.

§ 1. შემდგომ აგებათა საფუძვლად აღებულია დამავნიტების მრუდის ემპირიული განტოლება. სხვა ემპირულ განტოლებებიდან, ამ შემთხვევაში როგორც უფრო ხელსაყრელი, შერჩეულია ფრიოლიხის ფორმულა [3].

$$B = \beta \frac{H}{\alpha + H},$$

სადაც B ინდუქციაა, H —აღზნების არის დაძაბულობა, α და β კოეფიციენტებია.

§ 2. ძრავის სიჩქარის ელექტრომექანიკური დამახასიათებელი მრუდი ამის შემდეგ შეიძლება გამოისახოს განტოლებით

$$U = b \frac{I}{a+I} V + Jr. \tag{1}$$

აქ U ძრავზე მოქმედი ძაბვაა, r —ძრავის და მასთან მიმდებრობით ჩართული რეოქტატების წინაღობა, V —სიჩქარე, a და b კოეფიციენტებია.

არსებული ძრავებისათვის მუდმივ განტოლებებს (1) შემდეგი მნიშვნელობანი აქვს:

მუდმივები	ძრავის ტიპი და რეჟიმი							
	ДПЭ—340А			ДПИ—150		ДК—3А		
	π,III	π,0III	π,0II2	π,III	π,0II	π,III	π,0III	π,0II2
$a \dots \dots \dots (A)$	70	90	120	120	225	110	180	270
$b \dots \dots \dots (v/km/n)$	50	45	44	23	22	45	45	45
$r \dots \dots \dots (\Omega)$	0,25	0,22	0,21	0,115	0,100	0,178	0,159	0,150

ამ მნიშვნელობათა მიხედვით განტოლება (1)-ის ფაქტიური დამახასიათებელი მრუდებისაგან რიცხობრივი განსხვავება არ აღემატება $2^{km}/n$ -ს და 3% .

§ 3. კოეფიციენტები a და b მოცემული ახალი დამახასიათებლისათვის შეიძლება განისაზღვროს განტოლება (1)-დან, მრუდის ორი წერტილის მიხედვით. ასეთ წერტილთა წყვილი უნდა იყოს რამდენიმე, ხოლო a და b -ს სიდიდეებიდან უნდა მიღებულ იყოს საშუალო მნიშვნელობები.

§ 4. დამახასიათებელი მრუდის ცვლილება ძრავის სიმძლავრის მიხედვით განისაზღვრება a და b -ს დამოკიდებულებით სიმძლავრისაგან. ახალი ძრავებისათვის სიმძლავრის ფუნქციაში უნდა გამოხატულ იყოს აგრეთვე მათი წინაღობაც.

ეს დამოკიდებულებანი შეიძლება აიგოს ვი დ მ ა რ ი ს [2] რიგის მიხედვით. ამრიგად, მიღებული გვაქვს

$$\left. \begin{aligned} r &= k_1 \frac{U^2}{P_0^{1,25}} \left(\frac{D}{\varphi V_0} \right)^{3/4} \\ b &= k_2 \frac{U}{V_0} \\ a &= k_3 \frac{P_0^{3/2}}{U^2 \sqrt{\frac{D}{\varphi V_0}}} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

სადაც სიდიდე

$$\frac{D}{\varphi V} = \frac{5,3}{n_0}$$

შეიძლება n_0 ბრუნვითა რიცხვით გამოიხატოს.

აქ P_0 არის სიმძლავრე kW -ით, D —წამყვანი ბორბლების დიამეტრი m -ით, φ —გადაცემის რიცხვი, ხოლო n_0 —ნომინალური, საათური რევების სიმბოლო.

უნდა შევნიშნოთ, რომ სისტემა (2)-ის ბოლო ტოლობა ვი დ მ ა რ ის კანონ-ზომიერებას არ ეთანხმება და ზემომოყვანილი სამი ძრავის მიხედვით ემპირულად შერჩეულია. ეს გარემოება იმით აიხსნება, რომ a -ს გამოსახულებაში შედის მაგნიტსადენის ეკვივალენტური სიგრძე, რომლის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს რკინათშორისი მანძილი და ღუზის კბილების სიმაღლე, რომლებზეც, ცნობილია, ვი დ მ ა რ ის მარტივი კანონები არ ვრცელდება.

ДПЭ—340 А ძრავის მონაცემების მიხედვით ისახლვრება (2)-ში შემავალი პროპორციულობის კოეფიციენტები, სახელდობრ:

$$k_1 = 5,77 \cdot 10^3, k_2 = 1;23, k_3 = 2380. \quad (2a)$$

(2)-ის ფორმულების (2a) კოეფიციენტების შემოწმება ექსპლოატირებულ ძრავებზე გვაძლევს:

	ДК—3А	ДПИ—150
r ფორმულით	0,166 Ω	0,113 Ω
ფაქტიურად	0,178 „	0,115 „
b ფორმულით	43 km/n	20 km/n
ფაქტიურად	45 „	23 „
a ფორმულით	112 А	121 А
ფაქტიურად	110 „	120 „

§ 5. ახალი ძრავის დამახასიათებელი მრუდი აღგზნების შესუსტებული არეებისათვის აიგება ჩვეულებრივი წესით, სრული არის მოცემული მრუდის მიხედვით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ენერგეტიკის სექტორი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 1.2.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. Е. Розенфельд, Ю. Е. Рывкин и И. А. Лакштовский. Электрическая тяга поездов. М., 1940.
2. М. Видмар. Экономические законы проектирования электрических машин. М., 1924.
3. А. Коерсел. Eine neue Formel für Magnetisierungskurve. Elektrotechnische Zeitschrift, № 37, 1928, s. 1361.

ტიჰნიკა

ო. ონიავილი

კრიტიკულ ძალთა გამომთვლის შესახებ ცილინდრული გარსის მდგრადობის ზოგიერთი შემთხვევისათვის

(წარმოადგინა აკად. ნამღვ. წევრმა კ. ზაერეევმა 15.3.1947)

ცილინდრული გარსის მდგრადობის საკითხს მრავალი სპეციალური შრომა მიეძღვნა. მიუხედავად ამისა, ფრიალ საინტერესოა ცილინდრული გარსის მდგრადობის ზოგიერთი ძირითადი შემთხვევის განხილვა ვ. ვლასოვის მიერ შესწორებულ დრეკად გარსთა მომენტური თეორიის საფუძველზე, რომლის დიფერენციალურ განტოლებებს სიმეტრიული სტრუქტურა ახასიათებს [1].

ზემოხსენებული თეორიის საფუძველზე ჩვენ მიერ განხილულია წრიული განივკვეთის ცილინდრული გარსის მდგრადობა ცენტრალური კუმშვის დროს [2].

წინამდებარე შრომაში მოცემულია კრიტიკულ ძალთა განსაზღვრა ძალთა ქმედების ზოგიერთი სხვა სქემისათვის, სახელდობრ, განივ რადიალურ ძალთა ქმედებისათვის, განივი და გრძივი ძალის ერთობლიობისათვის და კიდურ კვეთებში მოქმედი მომენტებით გამოწვეული გრუნისათვის.

ცილინდრული გარსის მდგრადობის ზოგად განტოლებას, თანახმად [1, 2], შემდეგი სახე აქვს:

$$\begin{aligned}
 & c^2(\nu^4 + 2\nu^2 + 1) \nabla^4 \Phi - 2c^2(1 - \nu) \left(\frac{\partial^4}{\partial \alpha^4} - \frac{\partial^4}{\partial \alpha^2 \partial \beta^2} \right) \nabla^2 \Phi \\
 & + (1 - \nu^2) \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha^4} - \frac{1 - \nu^2}{E\delta} \left\{ -\frac{\partial}{\partial \alpha} \left(T_1 \frac{\partial}{\partial \alpha} \nabla^4 \Phi + S^0 \frac{\partial}{\partial \beta} \nabla^4 \Phi \right) \right. \\
 & \left. + T_2 \left(1 + \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} \right) \nabla^4 \Phi + \frac{\partial}{\partial \beta} S^0 \frac{\partial}{\partial \alpha} \nabla^4 \Phi \right\} = 0.
 \end{aligned} \quad (1)$$

ამ განტოლებაში α და β გარსის რადიუს R -თან შეფარდებული უგან-ზომილებო კოორდინატებია α შემქმნელის მიმართულებით, β —განივკვეთის წრიული რკალის მიმართულებით, T_1 და T_2 მდგრადობის დაკარგვამდე შუაფართულზე მოქმედი ლერძული ძალდონეებია α და β -ს მიმართულებით, შესაბამისად, S^0 ძვრის ძალაა მდგრადობის დაკარგვამდე, E მასალის დრეკადობის მოდულია, ν —პუასონის კოეფიციენტი, δ —გარსის კედლის სისქე, $\Phi(\alpha, \beta)$ —გალიორკინის [3] მიხედვით შემოღებული გადაადგილებათა ფუნქცია, რომელიც დაკავშირებულია ძალდონეებთან და ძირითად გადაადგილებებთან, ჩვენ მიერ წინა შრომაში მოყვანილი დამოკიდებულებებით [2]. ძირითად გადაადგილებებად მიჩნეულია: u და v შუაფართულის წერტილების გადაადგილება x .

და β -ს მიმართულებით, შესაბამისად; და w —შუადართულისადმი ნორმალური გადაადგილება.

საკმაოდ დამრეცი გარსების შემთხვევაში მზები დეფორმაციის გავლენა ძალღონების ვარიაციაზე სიმცირის გამო შეიძლება უკუგდებულ იქნეს და ვ. ვლასოვის მიხედვით [1] მდგრადობის განტოლება შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\begin{aligned}
 & c^2 (\nabla^4 + 2\nabla^2 + 1) \nabla^4 \Phi - 2c^2 (1 - \nu) \left(\frac{\partial^4}{\partial \alpha^4} - \frac{\partial^4}{\partial \alpha^2 \partial \beta^2} \right) \nabla^2 \Phi \\
 & + (1 - \nu^2) \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha^4} - \frac{1 - \nu^2}{E \delta} \left\{ \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(T_1^0 \frac{\partial}{\partial \alpha} \nabla^4 \Phi + S^0 \frac{\partial}{\partial \beta} \nabla^4 \Phi \right) \right. \\
 & \left. + \frac{\partial}{\partial \beta} \left(T_2^0 \frac{\partial}{\partial \beta} \nabla^4 \Phi + S^0 \frac{\partial}{\partial \alpha} \nabla^4 \Phi \right) \right\} = 0.
 \end{aligned} \quad (2)$$

განვიხილოთ წრიული განივკვეთის ცილინდრული გარსის მდგრადობის დაკარგვის შემთხვევა თანაბრად განაწილებული q რადიალური ტვირთის ქმედების დროს.

დამაგრებისაგან თავისუფალი კიდური კვეთების შემთხვევაში კრიტიკული ძალების გამოსათვლელად შესაძლოა გამოვიყენოთ თანაბრად დატვირთული წრიული რგოლისათვის მიღებული ფორმულა. კიდური კვეთების დამაგრების შემთხვევაში შესაძლოა აგრეთვე რგოლის სქემით სარგებლობა, უკეთეს გარსის სიგრძე l რადიუს R -თან შედარებით იმდენად დიდია, რომ დამაგრების ზეგავლენა შეიძლება არ იქნეს მხედველობაში მიღებული. თუ გარსის სიგრძე საკმაოდ მცირეა, მდგრადობის დაკარგვის ბრტყელი ფორმის მაგივრად სივრცითი ფორმა გვექნება, და ამიტომ კრიტიკული ძალა (1)-დან უნდა განისაზღვროს. განსახილველი შემთხვევისათვის $T_1^0 = S^0 = 0$ და $T_2^0 = -qR$. მივიღოთ

$$\Phi = A \sin \frac{m \pi R \alpha}{l} \cos n \beta, \quad (3)$$

სადაც m ტალღების რიცხვია სიგრძეში, n —განივი ტალღების რიცხვი, m და n -ს შესაძლოა ჰქონდეს მხოლოდ მთელი მნიშვნელობა.

პრაქტიკაში ხშირად ვხვდებით კიდური კვეთების დამაგრებას v და w გადაადგილების წინააღმდეგ. მივიღოთ სასაზღვრო პირობები აღნიშნული შემთხვევის შესაბამისად, რაც სქემატურად კიდურ კვეთებში, თავის: სიბრტყეში აბსოლუტურად ხისტი და სიბრტყიდან დრეკადი დიაფრაგმების არსებობას გულისხმობს. მიღებული სასაზღვრო პირობები შემდეგნაირად გამოისახება:

$$v = w = 0, \quad T_1 = G_1 = 0, \quad \text{როდესაც } \alpha = 0 \text{ და } \alpha = \frac{l}{R}. \quad (4)$$

ორი უკანასკნელი პირობა გრძივი ძალღონისა და მლუნავი მომენტის ვარიაციების განულებას გულისხმობს, რაც დიაფრაგმის გარსთან სახსრობრივ დამაგრების შემთხვევას შეესაბამება. ჩვენ მიერ შერჩეული გადაადგილებათა ფუნქცია აკმაყოფილებს აღნიშნულ სასაზღვრო პირობებს, წინა შრომაში [2]

მოყვანილ დამოკიდებულებათა თანახმად, რომლებიც გადაადგილებათა ფუნქციას ძალდონეებსა და მთავარ გადაადგილებებთან აკავშირებენ.

ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ კიდური კვეთები აღნიშნულ შემთხვევაში წრიულ ფორმას შეინარჩუნებენ. თუ (3) გამოსახულებას (1) განტოლებაში ჩავსვამთ, მივიღებთ მახასიათებელ განტოლებებს, საიდანაც ადვილად განისაზღვრება:

$$q = \frac{c^2 E \delta}{(1-\nu^2) R (n^2-1)} \left\{ [(k^2+n^2)^2 - 2(k^2+n^2) + 1] + \frac{2(1-\nu)k^4}{k^2+n^2} - \frac{2k^2 n^2 (1-\nu)}{k^2+n^2} + \frac{(1-\nu^2)k^4}{c^2 (k^2+n^2)^2} \right\} \quad (5)$$

სადაც $k = \frac{m\pi R}{l}$. ვინაიდან $q(k, n)$ -ის, როგორც ორ ცვლადზე დამოკიდებული ფუნქციის, მინიმუმის პოვნა მაღალხარისხიან ალგებრულ განტოლებათა სისტემაზე მიგვიყვანს, რომელთა ამოხსნა პრაქტიკულ სირთულეს წარმოადგენს, სიმარტივისათვის n -ს მივცეთ მთელი რიცხობრივი მნიშვნელობა—2, 3, 4 და ა. შ.; შეეჩერდეთ n -ის იმ მნიშვნელობაზე, რომლის დროს q -ს საბოლოო მნიშვნელობა მინიმალური იქნება. n -ის მოცემული მნიშვნელობებისათვის k^2 განისაზღვრება $q(k^2)$ მინიმალურობის პირობიდან, რომელიც გამოსახება განტოლებით

$$\tau^4 - \nu \tau^3 + n^2 \tau \left[\frac{1-\nu^2}{c^2} - 2n^2(1-\nu) \right] - \frac{1-\nu^2}{c^2} n^4 = 0, \quad (6)$$

სადაც

$$\tau = k^2 + n^2.$$

უნდა აღინიშნოს, რომ (6) განტოლების მხოლოდ არს ფესვებს აქვთ ფიზიკური შინაარსი. თუ k^2 -ის მინიმალურ მნიშვნელობას (5) გამოსახულებაში ჩავსვამთ, მივიღებთ გარეტვირთის კრიტიკულ მნიშვნელობას. k^2 -ის უარყოფითი მნიშვნელობა შეესაბამება მდგრადობის დაკარგვის გამჭიმავი ძალის ქმედების დროს. გრძელი გარსის შემთხვევაში გრძივი ტალღები არ წარმოიშობა და მდგრადობის დაკარგვა დახასიათდება ბრტყელი ფორმით, ე. ი. მხოლოდ განივი ტალღების წარმოშობით. მივიღოთ, ზემოაღნიშნულის თანახმად, $m=0$; თუ აგრეთვე მივიღებთ მხედველობაში, რომ მდგრადობის დაკარგვის ბრტყელი ფორმის დროს $n=2$ და დაეუშვებთ, რომ $\nu=0$, მივიღებთ კრიტიკული ძალის ცნობილ მნიშვნელობას წრიული რგოლისათვის $q_{kr} = \frac{E\delta^3}{4R^3}$.

მდგრადობის დაკარგვის სივრცითი ფორმის დროს განივი ტალღების ჩაოდენობა $n > 2$; ეს მდგრადობა გვაძლევს საშუალებას მე-(5) ფორმულის პირველი თანამომრავლის მნიშვნელობაში უკუვადლოთ ერთი n^2 -თან შედარებით, რაც შეესაბამება q -ს მნიშვნელობის მიღებას (2) განტოლებით.

ზემოაღნიშნულს შეიძლება მიეცეს შემდეგი ფიზიკური განმარტება: ვინაიდან მდგრადობის დაკარგვის სივრცითი ფორმა ძირითადად რამდენიმე ტალ-

დის წარმოშობით ხასიათდება ($n > 2$), თითოეული ნახევარტალის ფარგლებში გარსი შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც საკმაოდ დამრეცი, რაც არ შეიძლება დავევზა მდგრადობის დაკარგვის ბრტყელი ფორმის დროს, როდესაც თითოეული ნახევარტალა წრის მეოთხედს შეიცავდა.

ზემოაღნიშნულის გამო, მდგრადობის სივრცითი ფორმის დაკარგვის სხვადასხვა შემთხვევის განხილვის დროს ვისარგებლოთ (2) განტოლებით, რომელიც ვ ვლასოვის მიერ არის მიღებული [1].

გალიორკინის თანახმად [3], ცილინდრული გარსის მდგრადობის დაკარგვა თანაბრად განაწილებული განივი ტვირთის დროს ერთი გრძივი ნახევარტალის წარმოშობით ხასიათდება. აღნიშნულის თანახმად, q -ს მინიმალური მნიშვნელობა ამოიხსნება პირობიდან $\frac{\partial q}{\partial n} = 0$, რომელიც შემდეგ სახეს ღებულობს:

$$\begin{aligned} \chi^5 - 2k^2\chi^4 - \chi^3(1-2k^2) - 8(1-\nu)k^4\chi^2 - k^4\chi \left[3\frac{1-\nu^2}{c^2} \right. \\ \left. - 4(1-\nu)k^2 \right] + 2\frac{1-\nu^2}{c^2}k^6 = 0, \end{aligned} \quad (7)$$

სადაც $\chi = n^2 + k^2$; n^2 -ის მინიმალური არის დადებითი მნიშვნელობა განივი ძალის კრიტიკულ მნიშვნელობას მოგვცემს.

ახლა განვიხილოთ გრძივი P ძალისა და თანაბრად განაწილებული განივი ტვირთის q -ს ქმედების ერთობლიობა. ორი ძალის ერთდროული ქმედების დროს შეიძლება დაისვას საკითხი მხოლოდ ამ ძალების შეფარდების კრიტიკულობის შესახებ, ან ერთ-ერთი ძალის კრიტიკული მნიშვნელობის შესახებ, როდესაც ძალთა შეფარდება წინასწარ მოცემულია.

მივიღოთ განსახილველი შემთხვევის შესაბამისად:

$$T_1^0 = -\frac{P}{2\pi R}, \quad T_2^0 = -qR, \quad S^0 = 0, \quad \Phi = A \sin \frac{m\pi R \alpha}{l} \cos n\beta,$$

სადაც m და n -ს მთელი მნიშვნელობა აქვთ; ამასთან ერთად დაეტოვოთ ძალაში (4) სასაზღვრო პირობები.

მივიღოთ მხედველობაში წინასწარ მოცემული მნიშვნელობა $\frac{P}{q} = x$ და ჩავსვათ (2) განტოლებაში $\Phi(\alpha, \beta)$ -ს მიღებული მნიშვნელობა; მივიღებთ მახასიათებელ განტოლებას, რომლიდანაც ადვილად განისაზღვრება:

$$\begin{aligned} q = \frac{c^2 E \delta}{1-\nu^2} \frac{2\pi R}{k^2 x + 2\pi R^2 n^2} \left\{ [(k^2 + n^2)^2 - 2(k^2 + n^2) + 1] \right. \\ \left. + \frac{2(1-\nu)k^4}{k^2 + n^2} - \frac{2k^2 n^2(1-\nu)}{k^2 + n^2} + \frac{(1-\nu^2)k^4}{c^2(k^2 + n^2)^2} \right\}, \end{aligned} \quad (8)$$

სადაც $k = \frac{m\pi R}{l}$.

განივი ტვირთის ქმედების შემთხვევის ანალოგურად მივცეთ n -ს მთელი მნიშვნელობანი $n=2, 3, 4$ და ა. შ. მოცემული n -სათვის q -ს მინიმალური მნიშვნელობა ნოინახება მინიმალურობის პირობიდან $\frac{\partial q}{\partial k} = 0$, რომელიც შემდეგ სახეს ღებულობს:

$$\begin{aligned} & \alpha z^6 - 2 n^2 z^4 (\alpha - 2\pi R^2) + z^3 \left\{ 2 n^2 (3 - 2 \nu) - 1 - \frac{1 - \nu^2}{c^2} \right\} z - 4 \nu \pi R^2 n^2 \left\{ \right. \\ & \quad \left. + 4 \alpha n^2 z^2 \left[\frac{1 - \nu^2}{c^2} - 2 n^2 (1 - \nu) \right] - n^4 z \left\{ \frac{3 \alpha (1 - \nu^2)}{c^2} \right. \right. \quad (9) \\ & \quad \left. \left. + (2 \alpha - 4 \pi R^2) \cdot \left[\frac{1 - \nu^2}{c^2} - 2 n^2 (1 - \nu) \right] \right\} + \frac{2 n^6 (1 - \nu^2)}{c^2} (\alpha - 2 \pi R^2) = 0, \right. \end{aligned}$$

სადაც $\alpha = k^2 + n^2$. (9) განტოლების მხოლოდ არს ფესვებს აქვთ ფიზიკური მნიშვნელობა.

თუ k^2 -ის მინიმალურ არს დადებით მნიშვნელობას (8)-ში ჩავსვათ, მივიღებთ q -ს კრიტიკულ მნიშვნელობას მოცემული α -თვის. k^2 -ის უარყოფითი მნიშვნელობები შეესაბამება გამჭვივივარე დახრების ქმედების შემთხვევას. განივი ტვირთის სიმციროს შემთხვევაში, როდესაც განივი ტალღების წარმოშობას არა აქვს ადგილი ($n=0$),

$$P = \alpha q = \frac{2 \pi R c^2 E \delta}{1 - \nu^2} \left(k^2 - 2 \nu + \frac{1}{k^2} \right) + \frac{2 \pi R E \delta}{k^2},$$

რაც ემთხვევა მდგრადობის დაკარგვის ღერძული სიმეტრიის მქონე ფორმით, ცენტრალური ჯუმშვის დროს [2].

(8) და (9) გამოსახულებანი აკმაყოფილებენ ღერძული P ძალის უქონლობის შემთხვევას; თუ (9)-ში ზემოაღნიშნული შემთხვევის შესაბამისად $\alpha=0$ ჩავსვათ, მივიღებთ (6) გამოსახულებას, რაც განივი ტვირთის ქმედების შემთხვევას შეესაბამება.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სივრცითი მდგრადობის დაკარგვის დროს, როდესაც განივკვეთის მიმართულებით რამდენიმე ტალღის წარმოშობას აქვს ადგილი, თითოეული ნახევარტალღის ფარგლებში ცილინდრული გარსი შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც საკმაოდ დამრეცი; ამიტომ შესაძლებელია შემდგომი გამარტივება, რაც დამრეცი გარსებისათვის სამართლიანი იქნება.

ზემოაღნიშნულის გამო, მდგრადობის დაკარგვის იმ შემთხვევებისათვის, რომელთაც ჩვენ ვიხილავთ, შესაძლოა გამოვიყენოთ დამრეცი გარსის დიფერენციალური განტოლება, მიღებული ვ. ვლასოვის მიერ (2)-დან ზოგიერთი მცირე მნიშვნელობის წევრის უპუგდებით [1, 4]. ამ განტოლებას აქვს სახე

$$\begin{aligned} & c^2 \nabla^8 \Phi + (1 - \nu^2) \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha^4} - \frac{1 - \nu^2}{E \delta} \left\{ \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(T_1^0 \frac{\partial}{\partial \alpha} \nabla^4 \Phi + S^0 \frac{\partial}{\partial \beta} \nabla^4 \Phi \right) \right. \\ & \quad \left. + \frac{\partial}{\partial \beta} \left(T_2^0 \frac{\partial}{\partial \beta} \nabla^4 \Phi + S^0 \frac{\partial}{\partial \alpha} \nabla^4 \Phi \right) \right\} = 0. \quad (10) \end{aligned}$$

(10) განტოლების საფუძველზე მივიღებთ განხილული ამოცანების შემდეგ ვადაწყვეტას:

ცენტრალური კუმწვის შემთხვევისათვის, როდესაც

$$T_1^c = -\frac{P}{2\pi R}, \quad T_2^c = 0, \quad S^c = 0,$$

$$\Phi = A \sin kx, \quad P = \frac{2\pi R c^2 E \delta}{1-\nu^2} k^2 + \frac{2\pi R E \delta}{k^2}.$$

$k^2 = \gamma$ მოინახება მკუმწვავი ძალის მინიმალურობის პირობიდან

$$-\gamma^2 c^2 + (1-\nu^2) = 0.$$

ამ განტოლების დადებითი ფესვის ჩასმა მკუმწვავი ძალის მნიშვნელობაში მოგვცემს ძალას $P = \frac{4\pi R E \delta c}{\sqrt{1-\nu^2}}$, რაც სავსებით ემთხვევა ტიმოშენკოს ფორმულას [5].

თანაბრად განაწილებული განივი ტვირთის შემთხვევაში, უკეთეს ძალაში დაეტოვებთ ჩვენ მიერ აღრე მიღებულ პირობებს,

$$q = \frac{c^2 E \delta}{(1-\nu^2) n^2 R} \left\{ (k^2 + n^2)^2 + \frac{(1-\nu^2) k^4}{c^2 (k^2 + n^2)^2} \right\}. \quad (11)$$

q -ს კრიტიკული მნიშვნელობა k^2 -ის მინიმალურ არს დადებით მნიშვნელობას შეესაბამება, რომელიც მოინახება შემდეგი განტოლებიდან:

$$\gamma^4 + \frac{1-\nu^2}{c^2} n^2 \gamma - \frac{1-\nu^2}{c^2} n^4 = 0 \quad (12)$$

(სადაც $\gamma = k^2 + n^2$) n -ის მოცემული მთელი მნიშვნელობისათვის. თუ დაეუშვებთ, რომ გრძივი ვალუნვა ერთი ნახევარტალდით ხდება, კრიტიკული განივი ძალა განისაზღვრება n^2 უმცირესი არსი დადებითი მნიშვნელობით, რომელიც შემდეგი განტოლებიდან მოინახება:

$$\gamma^3 - 2k^2 \gamma^2 - \frac{3(1-\nu^2)k^2}{c^2} \gamma + 2 \frac{1-\nu^2}{c^2} k^6 = 0 \quad (13)$$

(სადაც $\gamma = n^2 + k^2$).

(13) განტოლება მიღებულია იმის ვარაუდით, რომ მდგრადობის დაკარგვის დროს ჩნდება ერთი გრძივი ნახევარტალდა.

მკუმწვავი ლერძული ძალისა და თანაბრად განაწილებულ განივი ტვირთის ერთდროული ქმედების დროს, თუ ჩვენ მიერ აღრე მიღებულ პირობებს ძალაში დაეტოვებთ, მივიღებთ

$$q = \frac{c^2 E \delta}{1-\nu^2} \frac{2\pi R}{k^2 x + 2\pi R^2 n^2} \left\{ (k^2 + n^2)^2 + \frac{(1-\nu^2) k^4}{c^2 (k^2 + n^2)^2} \right\}. \quad (14)$$

q -ს კრიტიკული მნიშვნელობა შეესაბამება k^2 -ის მინიმალურ არს დადებით მნიშვნელობას, რომელიც შემდეგი განტოლებიდან მოინახება:

$$\begin{aligned} & \chi^5 \chi + 2 n^2 \chi^4 (2 \pi R^2 - \chi) - \chi \frac{1-v^2}{c^2} \chi^3 + 4 \chi n^2 \frac{1-v^2}{c^2} \chi^2 \\ & + 2 \frac{1-v^2}{c^2} n^4 \chi (2 \pi R^2 - 2 \chi) - 2 n^6 \frac{1-v^2}{c^2} (2 \pi R^2 - \chi) = 0, \end{aligned} \quad (15)$$

სადაც $\chi = k^2 + n^2$ და n -ის მთელი მნიშვნელობა წინასწარ მოცემულია. (14) და (15) განტოლებები ემთხვევა (11) და (12), როდესაც

$$\chi = 0.$$

დასასრულს განვიხილოთ (10) განტოლების საფუძველზე ცილინდრული გარსის მდგრადობის დაკარგვა კიდურ კვეთებში მოდებული მგრეხავი მომენტებით.

განვიხილოთ საკმაოდ გრძელი გარსი და ნუ მივიღებთ მხედველობაში კიდური კვეთების დამაგრების პირობების გავლენას. ამ შემთხვევაში $T_2^0 = T_3^0 = 0$. დამახული მდგომარეობა ხასიათდება ტოლქმედი ძვრის ძალით $S^0 = \frac{M}{2 \pi R^2}$, სადაც M მოცემული მგრეხავი მომენტია. მდგრადობის განტოლება განხილული შემთხვევისათვის მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$c^2 \nabla^4 \Phi + (1-v^2) \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha^4} - \frac{1-v^2}{E \delta} \frac{M}{\pi R^2} \frac{\partial}{\partial \alpha} \frac{\partial}{\partial \beta} \nabla^2 \Phi = 0. \quad (16)$$

შემოგანხილულ შემთხვევებსა და აღნიშნულ შემთხვევას შორის ის განსხვავებაა, რომ უკანასკნელის შესაბამი დიფერენციალური განტოლება (16) შეიცავს როგორც კენტი, ასევე ლუწი რიგის წარმოებულებს ერთი და იგივე დამაუქიდებელი ცვლადით; ამიტომ მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას ვერ დაეკმაყოფილებთ ისეთი მარტივი საშუალებით, როგორც ამას ვახერხებდით წინა შემთხვევებში. ტიმოშენკოს თანახმად [5], ფიზიკური თვალსაზრისით აღნიშნული ვარემოება გვიჩვენებს, რომ მდგრადობის დაკარგვის დროს გრეხვის შემახტევაში შექმნელები არა რჩებიან სწორხაზობრივი და აბარ შექმნიან სწორი ხაზების კონას დეფორმირებული ფართეულისათვის. მივიღოთ გადაადგილებათა ფუნქცია შემდეგი სახით:

$$\Phi(\alpha, \beta) = \varphi(\alpha) \cos n\beta + \psi(\alpha) \sin n\beta;$$

სადაც $\varphi(\alpha)$ და $\psi(\alpha)$ ჯერ კიდევ უცნობი ფუნქციებია.

მიღებული ფუნქცია აკმაყოფილებს დეფორმაციის პერიოდულობის პირობას განივკვეთის მიმართულებით. ჩავსვათ $\Phi(\alpha, \beta)$ (16) განტოლებაში და დავაგვფოთ ყველა წევრი $\cos n\beta$ და $\sin n\beta$ მიხედვით; მივიღებთ განტოლებას, რომელიც უნდა დარჩეს ძალაში β -ს ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის; ამის გამო, მოვთხოვით განულება $\cos n\beta$ და $\sin n\beta$ წინ მდგომ კოეფიციენტებს, რის შედეგად მივიღებთ:

$$c^2 \left[\frac{d^8 \varphi}{dx^8} - 4n^2 \frac{d^6 \varphi}{dx^6} + 6n^4 \frac{d^4 \varphi}{dx^4} - 4n^6 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + n^8 \varphi(x) \right] + (1-\nu^2) \frac{d^4 \varphi}{dx^4} - \frac{1-\nu^2}{E\delta} \frac{M}{\pi R^2} \left[n \frac{d^5 \psi}{dx^5} - 2n^3 \frac{d^3 \psi}{dx^3} + n^5 \frac{d\psi}{dx} \right] = 0, \quad (17)$$

$$c^2 \left[\frac{d^8 \psi}{dx^8} - 4n^2 \frac{d^6 \psi}{dx^6} + 6n^4 \frac{d^4 \psi}{dx^4} - 4n^6 \frac{d^2 \psi}{dx^2} + n^8 \psi(x) \right] + (1-\nu^2) \frac{d^4 \psi}{dx^4} - \frac{1-\nu^2}{E\delta} \frac{M}{\pi R^2} \left[-n \frac{d^5 \varphi}{dx^5} + 2n^3 \frac{d^3 \varphi}{dx^3} - n^5 \frac{d\varphi}{dx} \right] = 0.$$

დავუშვათ, რომ დეფორმირებული მდგომარეობა მდგრადობის დაკარგვის შემდეგ შებრუნებული სიმეტრიის ფორმას ინარჩუნებს, მაშინ $\Phi(\alpha, \beta) = \Phi(-\alpha, -\beta)$ და ამიტომ $\varphi(\alpha)$ უნდა ლუწი, ხოლო $\psi(\alpha)$ კენტი ფუნქცია იყოს. შევარჩიოთ ელემენტარული ლუწი და კენტი ფუნქციები $\varphi(\alpha) = \cos k\alpha$ და $\psi(\alpha) = \sin k\alpha$, რომლებიც ამავე დროს (17) განტოლებას აკმაყოფილებენ; მაშინ გადაადგილებათა ფუნქცია მიიღებს სახეს $\Phi = A \cos(kx - n\beta)$, რაც გვიჩვენებს, რომ მდგრადობის დაკარგვა გრენვის დროს სპირალური ფართეულის ფორმით მოხდება და ირიბი ტალღების წარმოშობით დახასიათდება. თუ $\Phi(\alpha, \beta)$ -ს მიღებულ მნიშვნელობას მდგრადობის განტოლებაში ჩავსვამთ, მივიღებთ მახასიათებელ განტოლებას, საიდანაც

$$M = \frac{\pi E \delta^3}{12(1-\nu^2)} \frac{(k^2 + n^2)^4 + (1-\nu^2)k^4}{nk^3 + 2n^3k^2 + n^5k}, \quad (18)$$

k მახასიათებელი რიცხვის მნიშვნელობას ვიპოვით მგრებავი მომენტი M -ის მინიმალურობის პირობიდან, n -ის მოცემული მთელი მნიშვნელობისათვის:

$$\frac{9}{4} \frac{\chi^5}{1-\nu^2} - \chi^3 + 3\chi^2 n^2 - (3-4n^2)\chi n^4 + 4n^6 = 0, \quad (19)$$

სადაც $\chi = k^2 + n^2$.

თუ k^2 -ის მინიმალურ არს დადებით მნიშვნელობას (18)-ში ჩავსვამთ, მივიღებთ მგრებავი მომენტის კრიტიკულ მნიშვნელობას.

აღგებრული განტოლებების ფესვების მონახვას ყველა შემოგახნილულ შემთხვევაში გრეფეს მეთოდით ვაწარმოებთ; ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ საკმარისია მხოლოდ არსი ფესვების მონახვა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ანტიისესური მშენებლობის ბიურო

თბილისი

(რედაქციას მიუვცია 15.3.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. З. Власов. Основные дифференциальные уравнения общей теории упругих оболочек. Прикладная математика и механика, т. VIII, 1944, стр. 109.
2. О. Д. Ониашвили. К вопросу об устойчивости цилиндрической оболочки при осевом сжатии. Сообщения АН ГССР, т. VIII, выпуск 3, 1947.
3. Б. Г. Галеркин. Об устойчивости цилиндрической оболочки. Прикладная математика и механика, т. VIII, 1943, стр. 49.
4. В. З. Власов. Некоторые новые задачи строительной механики оболочек и тонкостенных конструкций. Известия АН СССР, № 1, 1947.
5. С. П. Тимошенко. Устойчивость упругих систем. М.—Л., 1946.

ბოტანიკა

ა. ჰოლაკოვსკი

დასავლეთ საქართველოს კირქვიანების ორი ახალი მაჩიტა

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ნ. კეკელიძემ 7.2.1947)

წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია დასავლეთ საქართველოს კირქვიანებზე შეგროვილი ორი ახალი მაჩიტას აღწერილობა. ეს ორი მაჩიტა ამდირებს კოლხეთის ენდემური და ორიგინალური ფლორის სიას; მის შემადგენლობაში ჩვენ ვთვლით 376 სახეობას, რომელთაც განვითარების რთული და საინტერესო ისტორია აქვთ.

1. *Campanula hieracioides* m. sp. nova (Sect. *Rapunculus*)

მრავალწლოვანია. ღერო რამდენიმეა, ძირში ჩვეულებრივ გაფარჩხული, შუა ნაწილიდან — ზემოთ მიმართული, ხშირად დაკლაკნილ-მუხლისებრი, სქლად გადახრილ ჯაგრისებრ შებუსვილი. ფუძესთან 1 სმ მანძილზე პატარა, 1—2 მმ სიგრძის, ხშირი ქერქლისებრი ფოთლებითაა შემოსილი. ფესვითი როზეტა ფოთლები არ აქვს. ღეროზე ფოთლები მჯდომარეა, ორივე მხარეზე მოკლე ჯაგრისებრ შებუსვილი, ქვედა მხარეზე მკვეთრად გამოსახული ძარღვებით, რომელნიც უფრო გრძელი ჯაგრისებრი ბეწვებითაა შემოსილი; ზედა მხარე მუქი მწვანე ფერისაა, ქვედა — უფრო ღია ფერის; ღეროს ქვემო ნაწილში 3—5 სმ მანძილზე პატარა ზომისაა, 2—10 მმ სიგრძის, ზომით ცოტად თუ ბევრად ყველა დანარჩენისაგან განსხვავებული; ქვედა მათგანი სამკუთხა-ლანცეტა ფორმისაა, დანარჩენი — მოგრძო-ლანცეტა; ღეროს შუა ნაწილზე არსებული ფოთლები მოგრძო ან კვერცხისებრ-ლანცეტა, საშუალოდ 3—6 სმ სიგრძის და 1—2 სმ სიგანის, ფუძესთან ცოტად თუ ბევრად მომრგვალო, წვერისკენ თანდათანობით წაწვეტილი, კიდეზე არასწორად და არანათლად გამოსახული ბლაგვებილებიანი. ღეროს ზემო ნაწილი 3—7 სმ მანძილზე უფოთლოა და მხოლოდ ყვავილედის ძირში 1—3 დაპატარავებული, ლანცეტა ან ხაზური-ლანცეტა ფორმის ფოთლები აქვს; ეს უკანასკნელი არ აღემატება ყვავილებს. ყვავილედი ფარისებრი მტევანია, 2—5 ყვავილისაგან შემდგარი, იშვიათ შემთხვევაში, სუსტად განვითარებულ ღეროზე — ერთყვავილიანი. ყვავილის ყუნწი 1—3 მმ სიგრძისაა, ჩვეულებრივ შიშველი. ჯამი ხშირი ჯაგრისებრ გაფარჩხულბეწვიანია, 2—3 მმ სიგრძის, ლანცეტა-სადგისისებრი 15—20 მმ სიგრძის დაშორიშორებული ჯაგრისებრ შებუსვილი კბილებით, ფუძესთან ერთი კარგად გამოსახული ძარღვით. გვირგვინი ლურჯი იისფერია,

ზარისებრი, ფუძესთან შევიწროებული, 25—30 მმ სიგრძის, 1/3-მდე დაყოფილი, ოდნავ გადაწეული კვერცხისებრ-სამკუთხოვანი, მოკლედ წაწვეტილი წაკეთებით, გარეთა მხრიდან შიშველი, ხახაში ამონაკეთების ფუძესთან ხშირი, წვრილი, გრძელი, კლაკნისი ბეწვიანია, ხოლო გადანალუნის ნაკეთის კიდებზე ბეწვები უფრო იშვიათია. მტვრიანები ფუძესთან ოდნავ გაფართოებულია, გაფართოებული ნაწილის კიდებზე მოკლედ შებუსხვილი ძაფებითაა, თავისუფალი სამტვრეებით, რომელნიც სვეტის 2/3-ს აღწევენ. სვეტი სიგრძით 20 მმ-მდეა, წვერზე სამად დაყოფილი ხაზური დინგებით, ეს უკანასკნელნი გვირგვინის გადანალუნის ფუძემდე აღწევენ. კოლოფი სამბუღიანი, ზედა ნაწილში ხვრელებით იხსნება.

ათხაზეთი, გაგრის რაიონი, მდ. გეგას ხეობა, კირქვიან კლდეთა ნაპრალებში 1000 მ-მდე ზ. დ. 18.IV.1946 წ. შტაგროვს გ. კვარაცხელიამ და ა. კოლაკოვსკიმ.

1. *Campanula hieracioides* m. sp. nova (Sect. *Rapunculus*).

Perennis. Caulibus e radice nonnullis, ascendentibus, saepe geniculato-prostratis, breviter patule dense hispidis, basi foliis minutis, obsitis squamulosis, parte superiore aphyllis, 20—30 cm altis. Foliis inferioribus minutis, 2—10 mm lg., triangulari- et oblongo-lanceolatis, mediis oblongo- et ovato-lanceolatis, 3—6 cm. lg. et 1—2 cm lat., acutiusculis. basi rotundatis, omnibus sessilibus, breviter dense hispidis, margine irregulariter obtuse denticulatis. Inflorescentia corymbiformia, 2—5=, rarius 1-flora. Foliis floralibus 1—3, minoribus lanceolatis vel lineato-lanceolatis, flores non superantibus. Pedunculis strictis, nudis, 1—3 mm lg. Calyce 2—3 mm lg., dense patente setoso: calycis laciniis ad basin 1-nervis, 15—20 mm lg., lanceolato-sabulatis, ad marginem breviter setosis. Corolla campanulato-infundibuliformi, basi contracta, coeruleo-violacea, 25—30 mm lg., ad tertiam partem fissa, fauce longe ciliata, laciniis calyce vix longioribus, corollae lobis ovato-triangularibus, breviter acuminatis, margine sparse pilosis. Antheris filamentis basi triangulari-lanceolatis, margine breviter ciliatis, antheris duplo brevioribus. Stigmatibus 3-fido, corollae fauce inserto. Capsula 3-ocularis, poris 3 lateraliter sub apice dehiscentibus.

Abchazia, distr. Gagry, in faucibus fluminis Gega, ad rupes calcareas, 1000 m. 18.VI.1946. Leg. G. Kvaratzschelia et A. Kolakovsky.

აღწერილი სახეობა მრავალწლოვანი სექცია *Rapunculus*-ის ჯგუფიდანაა საკმაოდ მკვეთრად განსხვავდება ამ სექციის ყველა დანარჩენი სახეობიდან თავისებური ჰაბიტუსით, რომელიც ფოთლებითა და მათი განწყობით გვარ *Hieracium*-ის ზოგიერთ სახეობას მოგვაგონებს, კერძოდ ფორმებს *H. umbellatum*-ის ჯგუფიდან. მეორე არანაკლებ მკვეთრ განსხვავებას წარმოადგენს ფარისებრი ყვავილედნი, ფოთლების ფესვთან როზეტის განუვითარებლობა და

საერთოდ ფოთლების სუსტი განვითარება ღეროს როგორც ქვემო, ისე ზემო ნაწილში.

სექცია *Rapunculus*-ის სახეობათა უმრავლესობა დამახასიათებელია ძირითადად ხმელთაშუა ზღვის რეგიონისათვის. კერძოდ კოლხეთი ამ გვარის სახეობათა წარმოშობის მძლავრ ცენტრს წარმოადგენს და ისეთ კლასიკურ სახეობებზე რომ არ ვილაპარაკოთ, როგორცაა *C. mirabilis* Alb. და *C. Dzaku* Alb., საქმარისია სექცია *Rapunculus*-ის სახეობათა შორის მივუთითოთ *C. hemischnica* C. Koch. და *C. pontica* Alb.-ზე.

არანაკლებად აღსანიშნავია აგრეთვე წინა აზიისა და საერთოდ აღმოსავლეთ ხმელთაშუა ზღვის სახეობები, როგორც, მაგალითად, *C. latiloba* A. DC., *C. phycidocalyx* Boiss., *C. Spruneri* Hampe, *C. combacta* Boiss. et Heldr., *C. podantoides* Boiss. et Hausskn. ყველა ამათ აქვთ ვიწრო არეალი და დამახასიათებელია უმთავრესად მთიანი ადგილებისათვის. ექვს ვარეშა, რომ აღწერილი სახეობაც წარმოადგენს აგრეთვე აღმოსავლეთ ხმელთაშუა ზღვის ელემენტს, რის საფუძველზედაც ჩამოყალიბდა კოლხეთის ფლორის მრავალი ენდემური, მათ რიცხვში რელიქტურიც, სახეობა.

2. *Campanula sphaerocarpa* n. sp. nova (Cect. *Medium* A. DC., Subsect. *Triloculares* Boiss., Ser. *Cordifoliae* Fom.).

ფესურა წვრილია, მხოხავი, დატოტვილი, ბოლოებზე ფესვთანი ფოთლების როზეტით, რომლის გვერდზე ან ძირიდან საყვავილე ღეროები გამოდის. ღეროს ფუძე და ფესვთანი როზეტის ფუძე გახვეულია მკვდარი ფოთლების ქერქლისებრ გაფართოებული უწყნების ნარჩენებში. ქერქლები კვერცხისებრი ან მოგრძო-ლანცეტა, ყავისფერი-მურა, კიდეწამწამიანი. ქვედა ფოთლები ფესვთან როზეტშია—ფორპით მომრგვალო-კვერცხისებრიდან კვერცხისებრ-მოგრძომდე, უფრო მოკლეყუნწებიანი, ფართო სოლისებრი ან იშვიათად გულისებრი მოყვანილობის ფუძით; დანარჩენი ფოთლები ფორპით კვერცხისებრიდან მოგრძო-ლანცეტამდე, ფუძესთან ფართო ან ვიწრო-სოლისებრია, იშვიათად ოდნავ გულისებრი, წვერისკენ შოკლედ ან წაზიდულ წაწვეტილი, კიდეზე არასწორი მრგვალკბილბიანი, ჯაგრისებრ შებუსხილი; მათი ფორეიტა .1—3 (4—5) სმ სიგრძისაა და 0,5—1 (1,5) სმ სიგანის, ყუნწები კი 1,5-დან 7 სმ სიგრძემდე. გაბნეულ-შებუსხილი, ფუძესთან სიფრთხანა, გაფართოებული და წამწამიანი, საყვავილე ღერო ფუძიდან რკალისებრ აღმავალია, ხშირად დაკლანჩილი, წვრილი. ჩვეულებრივ მუქი იისფერი მოკლე, ოკან გადმოწეული ბეწვებით, წვერზე ერთი დახრილი ყვავილით, 5—10 (27) სმ სიმაღლის, 3—5 ძლიერ დაპატარავებული ფოთლით, რომელთაგან ქვედა, ცოტად თუ ბევრად, ფესვთაურისმაგვარია, მოკლეყუნწიანია, სუსტად გაფართოებული, კიდეზე წამწამიანი ფუძით, ხოლო ზედა თითქმის მჯდომარეა, ფორპით ვიწრო-მოგრძო-ლანცეტაიდან 1 სმ სიგრძის ხაზურ-სადღისისებრამდე, 5—2 სმ სიგრძის და 1 მმ-დე სიგანის. ჯამი ყვავილობის პერიოდში ფართო კონუსურია, თითქმის შავი-იისფერი, თანაბრად გაბნეულ ბუსუსიანია, მოკლე ოკან გადმოწეული ჯაგრისებრი ბეწვებით ან თითქმის შიშველია. ჯამის ფოზოლოაკები ლანცეტა-ხა-

ზურია, ზემოთ აწვერილი, მწვანე, 5—10 მმ სიგრძის, ფუძესთან გაფართოებული, 1—3 მმ სიგანის, 3-ძარღვიანი, ზემოთ ოდნავ კალსისებრ შიგნით გადა-
 ოუნული. ნაკეთებს შორის ამონაკეთები ფართოა, 2მმ-დე, ხშირად არაგრძელი
 დანამატებით. გვირგვინი ძაბრისებრ-ზარისებრია, მუქი ლურჯი ფერის,
 20—35 მმ სიგრძის, 1/3—1/2-მდე დაყოფილი, ოდნავ გადაწეული, კვერცხი-
 სებრ-სამკუთხა ან კვერცხისებრ-მოგრძო, წვერზე მოკლედ წაწვეტილი ნაკეთე-
 ბით, გარეთა მხრიდან და ხახაში შიშველია, ნაკეთების კიდე შებუსხვილია
 გრძელი, წვრილი, დაკლაკნილი ბეწვებით. მტვრიანები ფუძესთან სამკუთხა-
 გაფართოებული ძაფებიანია, გაფართოებული ნაწილის კიდე მოკლე და ხშირ
 ბეწვიანია. სამტვრეები სვეტის სიგრძის 1/2-მდე აღწევს. სვეტი 13—18 მმ
 სიგრძისაა, წვერზე 3 დინგი აქვს. კოლოფი სამბუდიანია, თითქმის სფეროსებ-
 რი, ფუძესთან ნაპრალებით იხსნება, ნათლად გამოსახული 3—5 ძარღვიანია,
 რომელნიც ფუძიდან ან შუა ნაწილის ახლოს დატოტვილია, გვერდითი ძარღ-
 ვები აგრეთვე ზეკლია და კარგად გამოსახულია, მთავარი ძარღვის ერთი აღ-
 გილიდან ორ-ორი გამოდის, რკალისებრ მოღუნულია და ბოლოვდება ხან ჯა-
 მის ნაკეთებს შორის, ხან კი თვით ნაკეთებში. თესლი მოგრძო-ოვალურია, კი-
 დე ვიწრო ფრთისებრ არშიანია.

აფხაზეთი, გაგრის ქედი. მთა არბიკას ახლოს. 30.VII—12.VIII—1905 წ.
 შეაგროვა გ. ვორონოვი; იქვე, მყინვარული ცირკის კირქვიან კლდეთა
 ნაპრალებში, 2500 მ ზ. დ. 11.IX.1946 წ. შეაგროვეს ა. კოლაკოვსკიმ
 და ე. იაბროვამ.

Var. *grandiflora* m. var. *nova*—გვირგვინი 30—36 მმ სიგრძის,
 ჩვეულებრივ ნახევრამდე დაყოფილი, ძლიერ გადაღუნული, თითქმის 120—130°
 კუთხით, უფრო ვიწრო განდანაღუნის ნაკეთებით.

შეგროვილია იქვე, მყინვარული ცირკის ღორღიან სუბსტრატზე.

2. *Campanula sphaeocarpa* m. sp. *nova* (Sect. *Medium* A. DC., Subsect.
Triloculares Boiss., Ser. *Cordifoliae* Fom.).

Rhizomate repenti, ramoso, tenui. Caulibus ad basin rosulae ascendentibus, saepe tortuosis, tenuibus, obscure violaceis, breviter patentim hispidis, 1-floris, 5—10 (27) cm longis. Foliis inferioribus rotundato-ovatis vel ovato-oblongis basi cuneatis vel rarius cordatis, apice attenuatis, ad marginem irregulariter crenato-vel serrato-dentatis, breviter hispidis; laminis 1—3 (4—5) cm lg. et 0,5—1 (1,5) cm latis, petiolis 1,5—7 cm longis, basi glumaceo-dilatatis et ciliatis. Foliis caulinis radicalibus similibus, sed minoribus et breviter petiolatis; superioribus diminutis, subsessilibus, anguste oblongo-lanceolatis, circ. 1 mm lg., vel lineari-subulatis, 2—5 mm lg., et circ. 1 mm lat. Tubo calycino late obconico, intense obscure violaceo, regulariter disperse setoso, setulis retrorsis adpressis. Calycis laciniis lineari-lanceolatis, viridibus, 5—10 mm lg., basi dilatatis, 1—3 mm latis. 3-nervis, apice fere uncinatis, sinibus reflexis vix appendiculatis, vel nullis. Corolla campanulato-infundibuliformi, obscure coerulea, 20—35 mm lg., ad 1/3—1/2 lobata, lobis ovato triangularibus

vel ovato-oblongis, apice acuminatis, margine longe ciliatis. Antheris filamentis hasi triangulari-lanceolatis, margine breviter ciliatis, antheris triplo brevioribus. Stigmate 3-fide, corollae fauce inserto. Capsula sphaerica, 3-locularis, poris 3 basalibus dehiscens. Seminibus elliptico-oblongis, margine anguste alatis.

Var. grandiflora n. var. nova—Corolla 30—35 mm lg., ad 1/2 lobata, lobis retroflexis, anguste ovato-oblongis.

Abchazia, in jugum Gagry, prope montem Arbika; 30.VII—12.VIII.1905. Leg. G. Woronow., ibid. 11.IX.1946. Leg. A. Kolakovsky et V. Jabrova.

წარმოადგენს ფრიად პოლიმორფულ *C. collina*-ს ციკლის ერთ-ერთ ფორმას, მაგრამ კარგად განსხვავდება მისგან მორფოლოგიური ნიშანთვისებებით, ეკოლოგიით და აქვს გარკვეული გეოგრაფიული არეალი.

საერთო მოხაზულობით მოცემული სახეობის განსხვავება *C. collina*-საგან შემდეგია: ღეროები, როგორც წესი, ერთყვავილიანია, წვრილი და დაკლანძილი, ჩვეულებრივ, ისევე, როგორც კოლოფი, ძალიან მუქადაა შეფერილი და ნაკლებშეფოთლილია, ჯამის ფოთოლაკებს შორის მანძილი ჩვეულებრივ განიერია, თესლი კიდზე ვიწრო ფრთისებრ არშიანია, კოლოფი თითქმის სფეროსებრია, მკვეთრად გამოსახული ძარღვებით, ფართო მომრგვალებული ფუძით. ყველაზე უფრო *C. sphaerocarpa* n. და მისი სახესხვაობა უახლოვდება *C. collina* var. abchastica Alb.-ს, მაგრამ განსხვავდება მისგან შეხუსვის ნაკლები განვითარებით, განსაკუთრებით ჯამის, აგრეთვე ფოთლის ყუნწებით, რომელთაც არ აქვთ დამატებითი ნაკვთები, ნაკლებ დაკვეთილი ფირფიტის კიდით და სხვა ნიშანთვისებებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

სოხუმის ბოტანიკური ბაღი

(რედაქციას მოუვიდა 10.2.1947)

3. მათიკავშილი

პონტოს მუხის (*QUERCUS PONTICA* L.) ბიო-მაკოლოგიური
თვისებები

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ვ. გულისაშვილმა 26.3.1947)

პონტოს მუხის (*Quercus pontica* L.) გავრცელების საერთო არეალი განსაზღვრულია ბალკანეთისა და ჩრდ. დას. ანატოლიით. კავკასიაში გვხვდება დას. საქართველოში, აჭარასა და აფხაზეთში, სადაც იგი დახასიათებულია სუბალპურ ტყებრეცილებისათვის ჩვეული გამრუდებული ზრდით [1].

დას. საქართველოში პონტოს მუხას უკავია საკმაოდ ფართო და თითქმის მთლიანი ზოლი (ჩოხატაურისა და მახარაძის რაიონები), ალაგ-ალაგ გაწყვეტილი შიგ შეკრილი ნაძვნარ-წიფლარებით. ამ ზოლის ქვედა საზღვარი დაახლოებით ზ. დ. 1200 მეტრის სიმაღლეზეა და ხშირად ხეგვით ღრმად დაშვებულია წიფლის სარტყელში, ზედა საზღვარი კი 1700—1800 მ. ზ. დ., ღრმად შეჭრილია წიწვიანთა ზონაში. ტყის მოწყობის მონაცემებით აქ მას რამდენიმე ათასი ჰექტარი უკავია.

პონტოს მუხა მეტად თავისებურია. მის მიერ შექმნილი ფორმაცია მონოტიპურია და აქვს მკვეთრად გამოხატული კოლხეთური ხასიათი. პონტოს მუხის ფიტოცენოზებში პირველი სართული (სინუზია) შექმნილია თვით მუხის მაერ, რომლის საშ. სიმაღლე 5—6 მეტრია, ხოლო მერქნიან მცენარეთა ზედა საზღვართან მხოლოდ 1,5—2,0 მეტრი [2]. აფხაზეთისგან განსხვავებით [4], აქ წმინდა კორამებია, ერთეული ქნავის შერევით ამ ზოლის ზედა ნაწილში.

ამ ფიტოცენოზის მერვე სართული წარმოდგენილია მარადმწვანე ქვეტყით, ე. წ. „მფარავი ბუჩქებით“ [3]: შქერით; წყავით, გყორით და მათთან შერეული მოცვით, თხილით, ქანჭკატით და სხვა. პონტოს მუხის მარადმწვანე ბუჩქებიან ამ ფიტოცენოზებს უნდა ეწოდოს *Pontici Quercetia sempervirenti fruticosa*, სადაც დომინირება ეკუთვნის ერთ რომელიმე ჯიშს, ძირითადად კი შქერსა და წყავს.

ქვეტყისა და პონტოს მუხის სიხშირის წყალობით, ბალახოვანი საფარი აქ სრულიად არ არის განვითარებული და ასოციაციის ინდიკატორი თვით ქვეტყეა. მიუხედავად ამისა, ნეშომპალას გახრწნის პროცესი ფრიალ ინტენსიურია, რის გამოც მკვდარ საფარში ჰუმუსოვან ნივთიერებათა ფენა სუსტად არის გამოსახული, გახრწნის ფენაც დიდი არაა, 4—5 სმ, და შექმნილია წინა წლის ჩამონაყარით.

რელიეფის, დაქანებისა და ექსპოზიციის მიმართ პონტოს მუხა მეტად ფართო დიაპაზონს ამტკიცებს. მისი ფიტოცენოზები გავრცელებულია რო-



გორც მთის ფერდობებსა და თხემებზე, ისე ღრვა ხევებში, ამასთან ფერდობებზე ინვერსია ემჩნევა ზევით, ხოლო ხევებში—ქვევით. ისინი გვხვდება როგორც ციცაბო (30° და მეტრ), ისე ნაკლები დაქანების ფერდობებზე (5°—10°) და აგრეთვე ვაკე ადგილებში, თხემებსა და უნაგირებზე.

განსაკუთრებულად უნდა აღინიშნოს პონტოს მუხის გაერცელება სხვადასხვა ექსპოზიციასზე; მისი ფიტოცენოზები გვხვდება ყველა რუმბის ფერდობებზე, რაც კარგად ჩანს ჩხაკურადან ბახმაროში მიმავალ გზაზე, მაჭუტას აკარაქის ფარგლებში.

პონტოს მუხის ფიტოცენოზების საერთო ვეგეტაციური მდგომარეობა ამდენად განსხვავებულ პირობებში სასებით ერთნაირია და არა გვაქვს საბაზი ვიფიქროთ, რომ ვიწრო ლოკალურ პირობებში (გამოკვლეული რაიონის ფარგლებში) მათ ექნებოდათ უფრო ტუდი ან უფრო კარგი ზრდა.

ზრდისა და განვითარების ხასიათი. პონტოს მუხა ხასიათდება ფრიად ორიგინალური ზრდა-განვითარებით. იგი სრულიად განკერძოებული ბიოტიპია, რომელსაც თავისებური ეკოლოგია უნდა ჰქონდეს.

პონტოს მუხა, წარმოშობილი ვეგეტაციურად, დამატებითი ან მძინარა კვირტებიდან ამონაყრის ან ბუნებრივი გადანაწევის სახით, ხშირ ქვეტყეში, გალუნულია ფერდობის მიმართულებით მნიშვნელოვან მანძილზე თავისი გაჩენის ადგილიდან, ხშირად დაწოლილია მიწაზე და ეფლობა ნიადაგის მინერალურ ნაწილში 8—10 სმ სიღრმეზე, რითაც არსებითად განსხვავდება ქვეტყის ჯიშების—შქერისა და წყავისგან, რომელთა ღეროები გაწოლილია მკვდარ სტარში.

განსაკუთრებით ძლიერ გალუნულია მუხის ღეროს ის ნაწილი, რომელიც ხშირ ქვეტყეშია ჩამალული, ქვეტყის ზევით ამოზიდული ნაწილი კი თუშცა ამელაენებს წელში გასწორების მიღრეკილებას. მაინც ინარჩუნებს გალუნული ზრდის ტენდენციას. ზრდის ამ თავისებურებას პონტოს მუხა ყველგან ინარჩუნებს, ამასთან ზრდის ინტენსივობაში განსხვავება არა ჩანს, რაც კარგად არის გამოხატული ქვემოთმოყვანილ ცხრილში.

პონტოს მუხის ზრდის ინტენსივობა სხვადასხვა პირობებში

ექსპოზიცია და დაქანება	დიამეტრი სმ-ით		სიმაღლე მეტრებით		საერთო სიგრძე მეტრებით		ღეროს დაწოლ. ნაწილი მეტრ.		ღეროს გალუნულ. ნაწილი მეტრ.	
	საშუალო არითმეტ. კვადრატ.	კვადრატ. გადახრა	საშუალო არითმეტ. კვადრატ.	კვადრატ. გადახრა	საშუალო არითმეტ. კვადრატ.	კვადრატ. გადახრა	საშუალო არითმეტ. კვადრატ.	კვადრატ. გადახრა	საშუალო არითმეტ. კვადრატ.	კვადრატ. გადახრა
SW—15°—18°	7,7	±2,3	3,6	±0,6	6,0	±1,7	1,9	±1,2	3,0	±1,5
N—5°—10°	9,0	±1,2	3,6	±0,3	6,7	±0,9	1,7	±0,5	4,5	±1,0
O—25°—30°	8,0	±2,1	3,9	±0,9	6,3	±1,5	2,1	±1,3	4,3	±1,5

ზრდის მსვლელობამ სხვადასხვა ექსპოზიციანზე გვიჩვენა, რომ არსებითი სხვაობა ზრდაში, როგორც დიამეტრზე, ისე სიმაღლეზე, შესამჩნევი არაა და ყველაზე ინტენსიური შემატება ორივე შემთხვევაში პონტოს მუხას ემჩნევა 40—60 წლის ხნოვანებაში, რაც ალბათ მისი „დიდი ზრდის“ პერიოდად უნდა ჩათვალოს. მისი ცალკეული ღეროების ხნოვანება მერყეობს 70-დან 90 წლამდე, ძირითადად ხნოვანების ერთი კლასის ფარგლებში, მუხის სინუზიის შემქმნელი ამონაყრის მთელი მასა კი წარმოდგენილია 30—50 წლის ხნოვანების ამონაყარით.

პონტოს მუხის ამგვარი ორიგინალური ზრდა საცხებით შეესაბამება მარადმწვანე ქვეტყის ჯიშების ზრდის ხასიათს და თითქოს არ უნდა ახასიათებდეს მას, ფოთოლმკვიცნე ჯიშს. მაგრამ მისი გალუნული ზრდა შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ. მარადმწვანე ქვეტყის მთელი მასა, საკუთარი სიმძიმისა, თოვლის დაწოლისა და აგრეთვე სხვა მიზეზთა [5] გავლენით, ძლიერ იღუნება, და საფიქრებელია, რომ მუხის ღეროს ის ნაწილები და ახალგაზრდა ამონაყარი რომლებიც მოთავსებულია ხშირ ქვეტყეში, სადაც ფართობის კვადრ. მეტრზე ქვეტყის ჯიშების ინდივიდუალური განვითარების მქონე 35—55 ამონაყარია, საერთო გალუნვის გავლენის ქვეშ ექცევიან და გალუნვის რეაქციას განიცდიან; ხნოვანების მატებასთან ერთად სიმძიმის ძალა და მლუნავი მომენტი გაიზრდება და მუხა შესაძლებელია დაწვეს.

მართალია, ამ შემთხვევაშიც პირველადი მიზეზი სიმძიმის ძალა და თოვლის დაწოლაა, მაგრამ მათი მოქმედება მუხაზე უშუალო არაა და ქვეტყის არყოფნის შემთხვევაში პონტოს მუხამ გალუნვისადმი მიდრეკილება არ უნდა გამოამჟღავნოს.

ამგვარად, პონტოს მუხის გალუნული ზრდა სრულიად არ წააგავს სუბალპური ტყეებრიცელების გამრუდებულ ზრდას, სადაც ღეროს ხმლისებურ გამრუდებას ამჟღავნებენ ისეთი ჯიშები, როგორიცაა ნაძვი, სოჭი, არყი და სხვა, რომლებიც სხვა პირობებში, თვით პონტოს მუხის ფიტოცენოზების გვერდით, თავისი ღეროს ფორმას არ იცვლიან.

სინათლისთან დამოკიდებულება. პონტოს მუხა მარადმწვანე ქვეტყესთან ერთად მიადგება რა ნომიჯნე ნაძვნარ-სოჭნარს ან წიფლარს, არ შედის. მათი საბურველის ქვეშ, ქვეტყე კი ღრმად იჭრება. ეს კანონზომიერება საკმაოდ მკვეთრია და მუხის არც ერთი ხე არ გვინახავს შეჭრილი მომიჯნე კორიმების საბურველის ქვეშ. ყურადღებას იპყრობს მუხის წვერხმელობა ნაძვნარ-წიფლარის კედლის გასწვრივ, რაც ალბათ ამ კედლის დაჩრდილვასთან არის დაკავშირებული. ფოტომეტრულმა დაკვირვებებმა გვაჩვენა, რომ იგი სარგებლობს ღია ადგილის სინათლის სრული დაძაბულობით და ტყის კედელთან, სადაც ეს დაძაბვა უშიშვნელოდ ეცემა, იგი უკვე რეაქციას იძლევა და ამჟღავნებს წვერხმელობისადმი მიდრეკილებას.

სხვადასხვა ექსპოზიციანზე ამ მუხის ფოთლებს მესრისებური ქსოვილის მეზოფილთან შეფარდებაში არსებითი განსხვავება არ ემჩნევა. ხოლო თუ შევადარებთ ამ შეფარდებას პონტოს მუხის, მალალი მთის მუხისა (*Q. macranthera* F. et M.) და გრძელყუნწა მუხის (*Q. longipes* Stev.) ფოთლებში, ადვილი

შესამჩნევია, რომ პონტოს მუხა სინათლისმოყვარეობით ოდნავ ჩამორჩება მაღალი მთის მუხას, ხოლო მნიშვნელოვნად ჰარბობს გრძელყუნწა მუხას, ისე რომ მისი მიკუთვნება „ძლიერ სინათლისმოყვარულ“ ჯიშებისადმი [6] სწორად უნდა ჩაითვალოს. პონტოს მუხა ახალგაზრდობაში, 5—10 წლამდე, უფრო ჩრდილის ამტანია, განსაკუთრებით მისი ამონაყარი, რომელიც დაახლოებით 10 წლიდან, როცა იგი აღწევს ქვეტყეს და უფრო მეტ სინათლეს მიიღებს, იწყებს გაძლიერებულ ზრდას.

ტენთან დამოკიდებულება. პონტოს მუხა თუმცა მეზოფიტია, მაგრამ მაინც მოთხოვს ჰაერის მაღალ შეფარდებით ტენიანობას, მოსაზღვრეს წყლის ორთქლით სრულ სიმძლავრესთან, ზაფხულის პერიოდში კი. მას უკავია საკმაოდ გრილი, ხოლო ხევებში უფრო მეტი, ოღონდ დროებითი და გამდინარე დანესტიანების ნიადაგები. ამიტომ მისი გაჯერებების შემოფარგვა „დროებით არასაკმაოდ დანესტიანების“ ნიადაგებით [6], მუხების სხვა სახეობებთან ერთად, სწორი არ უნდა იყოს.

დაბალ ტემპურატურასთან დამოკიდებულება. პონტოს მუხის ახალგაზრდა ამონაყარსა და აღმონაცენს ზამთრის სუსხიანი პირობების გადატანა თოვლის დიდი მასების ქვეშ უხდება. მაგრამ უნდა ვიფიქროს, რომ იგი საკმაოდ ყინვამძლეა, რადგან თოვლის ქვეშ მხოლოდ ღეროს გაღუნული ნაწილია, ხოლო წვეროს ნაწილი კი თოვლის ზედათაა. მის ზრდის რიტმს არ ემჩნევა ზაფხულის ნახარდი, გაზაფხულის ყლორტები კი ასწრებენ გამერქნებას ყინვების დადგომამდე, რის გამოც პონტოს მუხის დაზიანება ყინვებისგან, ამ მხრივ მეტად საშიშ ღია ადგილებზეც კი, არ ყოფილა შენიშნული.

ნიადაგთან დამოკიდებულება. პონტოს მუხას მეტად აკავებულნი ნიადაგები საკმაოდ განიჩრჩევიან თავისი სიმძლავრით. ნაკლები დაქანების ფერდობებზე ნიადაგი ღრმა (80 სმ და მეტი), ციკაბო ფერდობებზე — თხელი (32 სან-მდე), მექანიკური შემადგენლობით საშუალო და მძიმე თიხნარები, საკმაოდ დანესტიანებული, დიდი სიბლანჭით, ბელტოვანი სტრუქტურით; საშუალო, ზოგან კი დიდი სიმკვრივით, სუსტი მეკვე, ხან კი ნეიტრალური რეაქციით.

ნაყოფმსხმოიარობა პონტოს მუხისა მეტად სუსტია, მსხმოიარობენ მხოლოდ ერთეული ეგზემპლარები ღია ადგილებზე, 1—4 რკოთი, რომლებიც მწიფდება გვიან შემოდგომაზე. ნაყოფმსხმოიარობას პერიოდულობა არ ემჩნევა, ყოველწლიური და არ ახასიათებს მაღალმოსავლიანი წლები.

თესლით განახლება. პონტოს მუხის ფიტოცენოზებში განათების მხრივ მეტად არახელსაყრელი პირობებია თესლით განახლებისათვის. საკმაოდ დიდ ფართობებზე და რელიეფ-ექსპოზიციის სხვადასხვა პირობებში არ ყოფილა ნაპოვნი არც ერთი აღმონაცენი არც მუხისა და არც ქვეტყის ჯიშებისა. აღმონაცენი ნაპოვნი იყო მხოლოდ რაყან ნაპირში, გზის გასწვრივ, სადაც განათების პირობები მნიშვნელოვნად უკეთესია, ისიც 5—6 ცალი 20 მეტრის მანძილზე. ამგვარად, მისი ფიტოცენოზების აღდგენაში თესლით განახლებას მეტად უმნიშვნელო როლი აქვს.

ვეგეტაციური გამრავლება. პონტოს მუხას, ქვეტყის ჯიშების მსგავსად, აქვს უნარი შეინარჩუნოს დაკავებული ფართობი, მაღალი ამონაყრითი უნარისა და ბუნებრივი გადანაწევნის ადვილად გაჩენის წყალობით, მხოლოდ და მხოლოდ ვეგეტაციურად გამრავლების ხარჯზე [5]. როგორც ამონაყარის აღრიცხვამ გვიჩვენა, ციცაბო ფერდობებზე 2 კვ. მეტრის ფართობზე მოდის 3 ნაირხნოვანი ამონაყარი, ხოლო ნაკლები დაქანების ფერდობზე — 1 კვ. მეტრზე 3 ამონაყარი, ე. ი. ორჯერ მეტი. ამრიგად, 1 ჰექტარზე მოდის 15.000—30.000 ამონაყარი, რაც სრულიად საკმარისია მისი ფიტოცენოზების აღდგენისათვის.

სუკცესიები. პონტოს მუხას, მაღალი რესტიტუციური უნარიანობის წყალობით, დაკავებული ფართობი შეუძლია განუსაზღვრელად დიდი ხნის განმავლობაში შეინარჩუნოს, თუ ანთროპოგენურ ფაქტორი არ შეამცირებს მას. მაგრამ, მეორე მხრით, მას არ შეუძლია, დიდი სინათლისმოკვარულობის გამო, დაიკავოს ახალი ფართობები. აქ სუკცესიური მოვლენები შეიძლება წარმოიშვას მხოლოდ კატასტროფულ მოვლენათა შედეგად, როგორიცაა, მაგ., ამჟამად ქერქიუმების მასობრივი გამრავლება, რომლებიც ნაძვის ტყეებს აზიანებენ.

ამგვარად, პონტოს მუხის კონსერვატიზმი სავსებით თვალსაჩინოა, და აღბათ ამით უნდა აიხსნას მისი გავრცელების არეალის ლოკალიზება. საგულისხმოა, რომ მისი აქ ყოფნა უხსოვარი დროის ამბავი უნდა იყოს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ბოტანიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 26.3.1947)

ლიტერატურა

1. А. А. Колаковский. Фитоландшафты Абхазии и история их развития. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук, Тбилиси, 1947, (рукопись).
2. А. Г. Долуханов. Геоботанический очерк лесов ущелья реки Чхалты. Труды Тбил. Бот. Ин-та, т. V, 1938.
3. Е. Н. Сийская. Основные черты эволюции лесной растительности Кавказа в связи с историей видов. Бот. Журнал СССР, т. XVIII, вып. 5—6, 1933.
4. В. А. Поварищын. Типы лесов Абхазии. Сб. Абхазия, геобот. и лесовод. очерк, Москва, 1936.
5. В. И. Матикашвили. К изучению биологии вечнозеленого подлеска. Труды Института Ботаники АН СССР, т. IX, 1946.
6. С. Я. Соколов. Экологическая и ценогическая классификация древесных и кустарниковых пород Абхазии. Сб. Абхазия, геобот. и лесовод. очерк, Москва, 1936.

ზოოლოგია

ღამით ძოვანობა

მასალები ზოგირითი პალეარქტიკული სახეობის მწერების— ფიტოფაგების გავრცელების ვერტიკალური ზონალობის შესწავლისათვის საქართველოში

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ფ. ზაიცევმა, 1.3.1947)

I. საკითხის დაყენება

მწერების-ფიტოფაგების ცალკეული სახეობის ან კომპლექსის ვერტიკალური ზონალობის დადგენა და მათი სივრცეში თანამედროვე განლაგების მიზეზების ახსნა ძლიერ რთულ ამოცანას წარმოადგენს. საქმე ისაა, რომ ყოველ სახეობას, ინდივიდსაც კი, თავისი ბიოლოგიური თავისებურება ახასიათებს, რაც სხვადასხვაგვარად გამოვლინდება სხვადასხვა სასიცოცხლო პირობებში. ისეთი მანქანებლები, როგორცაა მწერების-ფიტოფაგების კვების ტიპი (ევრიფაგიურობა, სტენოფაგიურობა, მონოფაგიურობა), გარემოს ფიზიკური ფაქტორებისადმი (ტემპერატურა, ტენიანობა, ნალექები) ლაბილურობის ხარისხი—ყველაფერი ეს, აღებული სახეობისა და მისი პოპულაციის გარემომცველი ბიოტური ფაქტორების (კვების რეჟიმი, ბუნებრივი მტრები, ბინა) კომპლექსში, სხვადასხვაგვარად განსაზღვრავს ფიტოფაგი მწერის სახეობის ბიოტურობას, მისი სივრცეში წაწევის შესაძლებლობას. ამასთან, დროის ფაქტორს, ამ ზონაში სახეობის ყოფნის ისტორიას მეტად არსებითი მნიშვნელობა აქვს ყოველი სახეობის ფიტოფაგი მწერის გავრცელების არეალის განსაზღვრის საქმეში.

წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ საჭიროდ ვცანით დაგვევა განსახილველად ზონალობის მხოლოდ კერძო შემთხვევა, სახელდობრ, ზოგიერთი პალეარქტიკული სახეობის მწერების-ფიტოფაგების ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ზონალობის შესატყვისობის საკითხი. მხედველობაშია ის სახეობები, რომლებიც უპირატესად საქართველოს სხვადასხვა ლანდშაფტური ზონის ბალახნარებში ცხოვრებასაა შეგუებული. ანალიზს დაქვემდებარებულია მწერ-ფიტოფაგების მცირე ჯგუფი სხვადასხვა რაზმიდან, რომელთა გავრცელების ვერტიკალური ზონალობის შესახებ საქართველოში უფრო მეტი საიმედო ცნობები არსებობს.

II. მასალა

წინამდებარე ნაშრომის შესადაგნად, ძირითადად, ის მასალები იქნა გამოყენებული, რაც მიღებულია ჩვენი ბიოცენოლოგიური გამოკვლევებისას საქართველოს სხვადასხვა ლანდშაფტურ ზონაში (კოლხიდის დაბლობი, ქართლის

სტეპები, ბორჯომ-ბაკურიანის ტყის, სუბალპური და ალპური ზონები), აგრეთვე ცნობები, რომლებიც გაფანტულია მწერების ცალკეული ჯგუფების შესახებ არსებულ ფაუნისტურ ნაშრომებში და იმ ნაშრომებში, რომლებიც საქართველოს ცალკეული ლანდშაფტური ზონების (ლაგოდების ნაკრძალი, სვანეთი) ფაუნას ეხება. ამ ნაშრომში საანალიზოდ აღებულია პალეარქტიკული გავრცელების მქონე მხოლოდ ზოგიერთი სახეობის მწერი-ფიტოფაგა, რომლებიც უმთავრესად ბალახნარებთან არიან დაკავშირებული.

თუმცა საქართველოს ენტომოფაუნა ფაუნისტური მაჩვენებლების მხრით საკმაოდ სრულადაა შესწავლილი, ზოგიერთი არაებული ხარვეზი არ გვაძლევდა საშუალებას დაბეჯითებითი ანალიზი მოგვეხდინა ნაშრომში დასახელებულზე უფრო მეტ სახეობებზე. ყოველ შემთხვევაში, მაგალითები, რომლებიც ნაშრომშია მოყვანილი, უნდა იქნეს განხილული როგორც კონკრეტული საკითხის გაშუქების პირველი ცდა, სახელდობრ, საკითხისა—ზოგიერთი პალეარქტიკული სახეობის მწერის-ფიტოფაგის გავრცელების ვერტიკალური ზონალობა საქართველოს მასალების მიხედვით. რაც შეეხება უფრო ლოკალიზებული ზოოგეოგრაფიული გავრცელების მქონე მწერების-ფიტოფაგების ვერტიკალურ ზონალობას, ეს საკითხი დამოუკიდებელი მსჯელობის საგანს წარმოადგენს.

ჩემ ვალად ვრაცხ მადლობა გადაუხადო საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ნამდვილ წევრს ფ. ზაიცევს იმ ძვირფასი მითითებებისათვის, რომლებიც მან მომცა წინამდებარე ნაშრომის შედგენისას.

III. მიღებული შედეგები

მწერ-ფიტოფაგების ყველა პალეარქტიკული სახეობა, რომლებიც წინამდებარე ნაშრომშია ანალიზებული, მოყვანილია სიის სახით (ყველა ჩამოთვლილი სახეობა ნაპოვნია საქართველოს ცალკეულ, მსხვილ ლანდშაფტურ ზონებში: ასუბტროპიკულსა, სტეპის, ტყის, სუბალპურსა და ალპურში).

სახეობათა დასახელება

Orthoptera-ს რაზმი

1. *Chorthippus bicolor* Charp.
2. *Chorthippus parallelus* Zett.

Thysanoptera-ს რაზმი

3. *Thrips tabaci* L.
4. *Thrips physopus* L.
5. *Taeniothrips vulgatissimus*. Kol
6. *Haplothrips reuteri* Karny.

Hemiptera-ს რაზმი

7. *Dolycoris baccarum* L.
8. *Lygus pratensis* L.

- 9. *Mesocerus marginatus* L.
- 10. *Spilostethus equestris* L.
- 11. *Pentatoma rufipes* L.
- 12. *Eurydema oleraceum* L.

Coleoptera-ბ რაზმი

- 13. *Chaetocnema concinna* Mrsh.
- 14. *Phyllotreta vittata* f.
- 15. *Phyllotreta vittula* Reitt.
- 16. *Phyllotreta nemorum* L.
- 17. *Gastroidea polygoni* L.
- 18. *Cassida viridis* L.
- 19. *Rhynchnaenus quercus* L.
- 20. *Gymnetron tetrum* f.
- 21. *Phyllobius argentatus* L.
- 22. *Coenorhinus pauxillus* Germ.
- 23. *Byctiscus betulae* L.
- 24. *Lochmaea capraea* L.

Lepidoptera-ბ რაზმი

- 25. *Vanessa urticae* L.
- 26. *Vanessa c-album* L.
- 27. *Pyrameis cardui* L.
- 28. *Pieris rapae* L.
- 29. *Pieris duplidice* L.
- 30. *Gonepteryx rhamni* L.
- 31. *Phytometra gamma* L.
- 32. *Macroglossa stellatarum* L.

სიაში მოყვანილი ყველა 32 სახეობა აღნიშნულია საქართველოში როგორც თითქმის ყველა ლანდშაფტურ ზონაში გავრცელებულები, და ეს სახეობები პალეარქტიკული გავრცელების მქონე ფიტოფაგებია. ცხადია, თითოეული ზონის ფარგლებში ისინი არ გვხვდებიან ყველგან, არამედ შეგუებული არიან, უპირატესად, ბალახნარ ბიოცენოზებში ცხოვრებას. ამასთან, კონსტატირებულ უნდა იქნეს ის მდგომარეობა, რომ ყველა რაზმი ერთგვარად მდიდრად არ არის წარმოდგენილი პალეარქტიკული გავრცელების მქონე სახეობებით-ფიტოფაგებით, რომლებიც საქართველოს თითქმის ყველა ლანდშაფტურ ზონაში გვხვდებიან. ასე, მაგალითად, სწორფრთიანებს შორის შედარებით ძნელი იყო კიდევ მეტი სახეობების—ფიტოფაგების რეგისტრირება, რომლებიც საქართველოს თითქმის ყველა ლანდშაფტურ ზონაში იყვნენ გავრცელებულნი, მიუხედავად იმისა, რომ მწერების ეს რაზმი ფუნქსიურად საკმაოდ სრულადაა ათვისებული. პირიქით, სხვა რაზმებში (ხორთუმიანები, ხეშეშფრთიანები,

ქერცლფრთიანები) პალეარქტიკული გავრცელების მქონე უფრო მეტი სახეობები-ფიტოფაგები აღმოჩნდა, რომლებიც საქართველოს თითქმის ყველა ლანდშაფტურ ზონაში გვხვდება.

როგორც მონაცემებით დასტურდება, თითოეული პალეარქტიკული გავრცელების მქონე სახეობის-ფიტოფაგის მიერ საქართველოს სხვადასხვა მსხვილ ლანდშაფტურ ზონაში დაკავებული არეალები, ძირითადად, ერთმანეთს ემთხვევა, რაც ამ სახეობის დიდ ეკოლოგიურ ვალენტოვნებაზე მიუთითებს. მაგრამ სახეობის ეკოლოგიური ვალენტოვნების გარდა, რაც მის წინაგან სპეციფიკურობას შეადგენს, როგორც ცნობილია, სახეობის მიერ დაკავებული არეალის სიდიდის განსაზღვრის დროს საჭიროა აგრეთვე ნავარაუდები იქნეს სათანადო დროც. ამის ზოგიერთ დამამტკიცებელ საბუთად შეიძლება მოყვანილ იქნეს ის ფაქტი, რომ პალეარქტიკული გავრცელების მქონე მწერ-ფიტოფაგებს შორის, რომლებიც ჩვენ მიერაა ანალიზებული, ძირითადად, გვხვდებიან შედარებით დიდი ხნის წინათ ცნობილი ლინეისეული სახეობები (32 სახეობიდან 23 ლინეისეულია), რომლებიც ამჟამად ცნობილია საქართველოს მრავალი ადგილსამყოფელოდან.

მწერ-ფიტოფაგების ვერტიკალური ზონალობის შესწავლისას საქართველოში შედარებით უტყუარ კრიტერიუმად, ამ სახეობის მწერის სხვადასხვა ლანდშაფტურ ზონაში გავრცელების დასადგენად, შეიძლება მიჩნეულ იქნეს მისი ზოოგეოგრაფიული კუთვნილება, სახელდობრ, გავრცელების პალეარქტიკულობა. თუმცა ამ შემთხვევაშიაც საჭიროა თითოეული სახეობისადმი დამოუკიდებელი მიდგომა, რადგან ზოგიერთი პალეარქტიკული სახეობის მწერი-ფიტოფაგი, რომლებიც საქართველოშია გავრცელებული, ჯერ კიდევ არ არის ნაპოვნი ყველა ლანდშაფტურ ზონაში (მაგალითად, *Acrydium subulatum* L., *A. bipunctatum* L., *Palomena prásina* L., *Haltica oleracea* L. და სხვ.), თუმცა ისინი გვხვდებიან სხვადასხვა ტიპის ბიოცენოზებში. ასეთ შემთხვევაში მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული სახეობის შემოჭრის ისტორია, მისი ამ ტერიტორიაზე სიძველის ხარისხი.

რაოდენობრიობა (ხედრითი წონა) პალეარქტიკული გავრცელების მქონე ყოველი სახეობის მწერ-ფიტოფაგისა საქართველოში, მის მიერ დაკავებულ თითოეულ ლანდშაფტურ ზონაში (ცალკეულ ბიოცენოზებშიც კი), როგორც ეს გამოირკვა რაოდენობრივი აღრიცხვების შედეგად, სხვადასხვაა. ასეთი რაოდენობა განისაზღვრება იმით, თუ რამდენად შეესაბამება სახეობის მოთხოვნები იმ ბიოტური და აბიოტური ფაქტორების კომპლექსს, რაც სახეობის კონკრეტულ საცხოვრებელ გარემოს ქმნის. ასე, მაგალითად, 1) მაშინ, როდესაც *Chaetocnema concinna* ცხრაწყაროს ალპური ზონის ბიოცენოზში უმნიშვნელო რაოდენობით გვხვდება ფოთოლჭამია ხოჭოების კომპლექსს შორის (დომინირება 0,71%), კოლხიდის დაბლობის (ამომშრალი მასივის ბალახნარი) ბიოცენოზში ის რაოდენობრივად უფრო მნიშვნელოვან ადგილს იჭერს (დომინირება 9,09); 2) *Lygus pratensis* ქართლის აგრობიოცენოზში (შაქრის ქარხლის ნათესები) ნახევრად ზემწერითიანებს შორის შედარებით უფრო მცირე რაოდენობით გვხვდება (დომინირება 23,96%), ცხრაწყაროს ალპურ ზონაში კი ის

რაოდენობრივად უფრო მნიშვნელოვან ადგილს იჭერს (დომინირება 82,14%);
3) *Chorthippus bicolor* ქართლის აგრობიოცენოზში (შაქრის ქარხლის ნათესები) კალიების კომპლექსს შორის რაოდენობრივად ერთ-ერთ წამყვან ადგილს იჭერს (დომინირება 33,33%), კოლხიდის დაბლობის ბიოცენოზში (ამომშრალი მასივის ბალახნარი) რაოდენობრივად ის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან სახეობად ითვლება (დომინირება 28,83%), ხოლო ცხრაწყაროს ალპური ზონის ბიოცენოზში ის მცირე რაოდენობით გვხვდება (დომინირება 1,52%). ამიტომ სახეობის მნიშვნელობის შედარებისას საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს მისი რაოდენობრიობაც.

IV. დასკვნა

1. პალეარქტიკული გავრცელების მქონე მწერ-ფიტოფაგის შედარებითი ევრიბიოტულობა განედობრივი განლაგებისას შეიძლება ჩაითვალოს ერთ-ერთ საიმედო მაჩვენებლად მისი შედარებით ევრობიოტულობისა ვერტიკალურ განლაგებაში.

2. პალეარქტიკული გავრცელების მქონე განედობრივი განლაგებისას შედარებითი ევრიბიოტული მწერები-ფიტოფაგები თითქმის ევრიზონალურებაა საქართველოში ვერტიკალური განლაგების მხრით. მათ შორის უფრო ხშირად აღინიშნება ლინეისეული სახეობები, რომელთა რაოდენობრიობა ზონებისა და ბიოცენოზების მიხედვითაც კი სხვადასხვაგვარია.

3. პალეარქტიკული გავრცელების მქონე მწერ-ფიტოფაგის როგორც ფართო ჰორიზონტალური გავრცელება, ასევე ფართო ვერტიკალური განლაგება შეიძლება ჩაითვალოს სახეობის შედარებით მეტი ეკოლოგიური ვალენტოვნების ერთ-ერთ საიმედო მაჩვენებლად.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
ზოოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

თბილისის სახელმწ. პედაგოგიური
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.3.1947)

ფიზიოლოგია

ა. ჩოიბაძე

ბაყაყის სუნთქვითი ცენტრის მოქმედების ცვალებადობა საერთო სპონტანურ მოძრაობასთან დაკავშირებით

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 23.11.1946)

ბაყაყის სპონტანურ მოძრაობებსა და სუნთქვით ცენტრს შორის კავშირს პირველად ვედენსკიმ მიაქცია ყურადღება [1]. ეს საკითხი ამჟამად იქცევა ყურადღებას [2]. სუნთქვითი მოძრაობების მრუდეთა შესწავლამ, რომელთა ჩაწერაც წარმოებდა გარეგან გალიზიანებათა მოქმედების გარეშე, ზოგიერთი ახალი ფაქტის დადგენის შესაძლებლობა მოგვცა, რომელნიც ეხებოდა, ერთი მხრივ, ბაყაყის სუნთქვითი ცენტრის პერიოდული ცვალებადობის საკითხს და, მეორე მხრივ, სუნთქვითი ცენტრის მოქმედებასა და ე. წ. საერთო სპონტანურ მოძრაობებს შორის კავშირს.

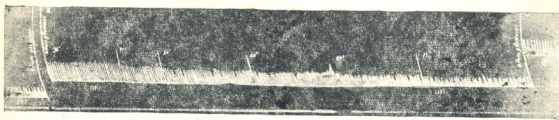
1. მეთოდი

პირის ღრუს ფსკერის მოძრაობების რეგისტრაცია წარმოებდა მიოგრაფიულად, როგორც ეს ჩვენ მიერ იყო აღწერილი [3]. ცხოველის თავი არ ფიქსირდებოდა. ცდის დაყენებისას გამორიცხული იყო გარეშე ვიბრაციული გალიზიანებანი (სიარულით გამოწვეული შერყევები), აგრეთვე მხედველობითი (კაბინაში სინათლეს ვთიშავდით) და სმენითი გალიზიანებანი. თუ ცდები ხანგრძლივი იყო, დროდადრო წარმოებდა ბაყაყის კანის შესველება.

2. შედეგები

თუ სუნთქვითი მოძრაობების ჩაწერა ხანგრძლივად წარმოებს, ადვილი შესაძენებია ამ მოძრაობათა ცვლადობა ამპლიტუდის და სიხშირის, აგრეთვე დიდ (ფილტვების სუნთქვითი მოძრაობები) და მცირე (ოსცილაციები) ტალღათა მორიგეობის ხასიათის მხრივ. ამ ცვლილებათა ანალიზი საშუალებას გვაძლევს, რომ სუნთქვითი მოძრაობები სერიების მიხედვით განვიხილოთ. ამავე დროს ყოველ სერიაში უნდა შევიდეს ყველა სუნთქვითი მოძრაობა ცხოველის ერთი საერთო სპონტანური მოძრაობიდან მეორემდე (ნახ. 1). ცხოველის საერთო მოძრაობათა შორის დროის პერიოდები ზოგიერთ შემთხვევაში საოცარი მუდმივობით გამოირჩევა, რასაც თავის დროზე ვედენსკი აღ-

ნიშნავდა. ამ მოვლენას ადგილი აქვს, თუ ბაყაყი ქინძისთავეებით არის დამაგრებული, ე. ი. თუ არსებობს მტკივნეული გაღიზიანების წყარო. ასევე ხდება, როცა ცხოველის თავს არანორმალური მდებარეობა აქვს, როგორც ამას ადგილი ჰქონდა ვედენსკის ცდებში. მოყვანილ შემთხვევაში საერთო მოძრაობათა შორის დროის ინტერვალები მეტად განსხვავებული იყო: 6 მიწუტიდან 42 მიწუტამდე.



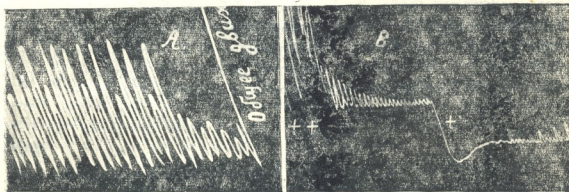
ნახ. 1. სუნთქვითი ტალღები, რომლებიც ჩაწერილია გარეგანი გაღიზიანების გარეშე. A—სუნთქვითი ტალღების სერიის ბოლო, B—სუნთქვითი ტალღების სერია, C—მორიგი სერიის დასაწყისი.

ფრჩხილებში ჩასმული ციფრები აღნიშნავს სუნთქვითი მოძრაობის რაოდენობას 20 სეკ. განმავლობაში. დრო სეკუნდებითაა გამოხატული.

სუნთქვითი მოძრაობების თითოეული სერია ხასიათდება განსაზღვრული ტიპის მრუდით, რომელშიც ადგილი აქვს დიდი და მცირე ტალღების შედარებით მუდმივი ხასიათის მქონე მორიგეობას. ყურადღებას იქცევს სუნთქვითი მოძრაობების ამპლიტუდის თანდათანობით ნელ-ნელა შემცირება. როდესაც სუნთქვითი ტალღების ამპლიტუდა აღწევს ერაგვარ მცირე სიდიდეს, მაშინ ადგილი აქვს საერთო სპონტანურ მოძრაობებს, რომელიც იწყება ბაყაყის თავის მოძრაობით. ამ საერთო მოძრაობებს მოჰყვება სუნთქვითი მრუდის ხასიათის შეცვლა. ჩნდება სუნთქვითი მოძრაობის ახალი სერია, რომელიც მორიგი საერთო მოძრაობის გავლენით ისპობა. ნახ. 1 განხილვისას იქმნება შთაბეჭდილება, თითქოს სუნთქვითი მოძრაობების ცვლილება ბაყაყის თავის მდებარეობის შეცვლასთან იყოს დაკავშირებული.

საერთო სპონტანური მოძრაობანი მთელ რიგ შემთხვევებში განსაზღვრავენ სუნთქვითი მოძრაობის ახალი სერიის გაჩენას და, ვარდა ამისა, ისინი უშუალოდ იწვევენ სუნთქვითი მოძრაობებისათვის დამახასიათებელ ცვლილებებს. ვედენსკიმ [1] შეამჩნია, რომ ლოკომოციის განვითარებას წინ უსწრებს სუნთქვის პაუზა (მის მიერ მოყვანილ მრუდეთა უმრავლესობაში მხოლოდ ფილტვების სუნთქვის რეგისტრაცია ხდებოდა). Babak-ი [4] აღნიშნავდა, რომ სუნთქვითი ოსცილაციების გამოჩენასთან ერთად მოსალოდნელია ადგილი ჰქონდეს ბაყაყის რომელიმე მოძრაობას. ყურადღებით დაკვირვებისას აღმოჩნდა, რომ მთელ რიგ შემთხვევებში საერთო სპონტანურ მოძრაობებს წინ უსწრებს სუნთქვითი ტალღების რამდენიმე წყება, როპელთა ამპლიტუდაც თანდათანობით შემცირებას განიცდის (ნახ. 2, A). ეს პერიოდი მოყვანილ შემთხვევაში გრძელდება 7 სეკ. სუნთქვითი მოძრაობების ეს დაკნინება წარმოებს დიდი წესზო-

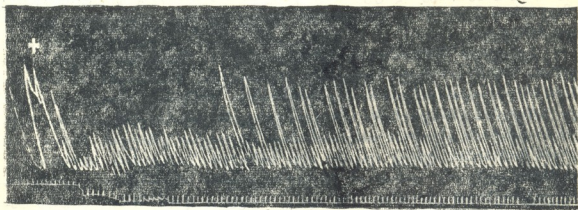
შივრებითა და თანდათანობით. მოძრაობათა ერთბაშად აღმოცენება ხდება მაშინ, როდესაც სუნთქვითი მოქმედება მაქსიმალურად არის დაკნინებული. ზოგიერთ შემთხვევაში, როდესაც ერთ-ერთ საერთო მოძრაობას სწრაფად მოჰყვება მეორე, ორ მოძრაობას შორის ინტერვალში ვხედავთ გრძელ წყებას სუნთქვითი ტალღებისას, რომლებიც თანდათანობით სუსტდება (ნახ. 2, B). თუ



ნახ. 2, A.—სუნთქვითი მოძრაობის ცვალებადობა ცხოველის საერთო სპონტანური მოძრაობის დაწყებამდე. დრო—1,5 სეკ.; B.—სუნთქვითი მოძრაობების ცვალებადობა ცხოველის ორი საერთო სპონტანური მოძრაობის ინტერვალში, როდესაც ერთ საერთო მოძრაობას სწრაფად მოჰყვება მეორე, ცხოველის საერთო მოძრაობა აღნიშნულია ორი ჯვრით; თავის მოძრაობა აღნიშნულია ერთი ჯვრით.

განაპირა ტალღების უმაღლეს წერტილებს შივავრთებთ სწორი ხაზით, მაშინ ყველა შუამდებარე ტალღის მწვერვალები მოთავსდებიან ამ სწორზე, რაც მაჩვენებელია იმისა, თუ რა წესზომიერებით ხდება სუნთქვითი მოძრაობათა სულ უფრო და უფრო დაკნინება.

ვედენსკიმ [1] აღწერა დიდი სიძლიერის ე. წ. „ჩაბერვითი“ სუნთქვითი მოძრაობები, რომელნიც ლოკომოციის შემდეგ ჩნდებოდნენ. მართლაც, საერ-



ნახ. 3. სუნთქვითი მოძრაობები ცხოველის საერთო სპონტანური მოძრაობის შემდეგ, საერთო მოძრაობის დამთავრება აღნიშნულია ჯვრით. დრო სეკუნდებითაა გამოხატული.

თო მოძრაობების შეწყვეტას ხშირად მოჰყვება დიდი ამპლიტუდის ერთი, ორი და მეტი ტალღა. მაგრამ ყურადღებას იპყრობს შემდეგი ფაქტი. ოსცილაციების წყება, რომელიც საერთო მოძრაობას მოჰყვება, თანდათან უთმობს ადგილს დიდ ტალღებს. ასე, მაგ., როგორც ჩანს ნახ. 3-ზე, ეს პროცესი შემდეგნაირად წარმოებს: საერთო მოძრაობა — 3 ოსცილაციისაგან შემდგარი ძალიან პატარა ამპლიტუდის ჯგუფი — 29 ოსცილაციისაგან შემდგარი სერია — ცალკეულა დიდი ტალღების გამოჩენა, რომელნიც ერთმანეთისაგან შემდგარი ჯგუფებით არიან გამოყოფილნი — 2—3 დიდი ტალღისაგან შემდგარი ჯგუფები, რომელნიც ერთმანეთისაგან 3, 2, 1 ოსცილაციით არიან გამოყოფილნი — მყარი რიტმი: 3—4 დიდი ტალღისაგან შემდგარი ჯგუფები ერთმანეთისაგან გამოყოფიან ცალკეული ოსცილაციებით.

3. განხილვა

წინა მოხსენებაში [3] გავარკვეით ბაყაყისათვის დამახასიათებელი ორი ტიპის სუნთქვითი მოძრაობების მიზეზი. მოყვანილი იყო აგრეთვე იმის საბუთებიც, რომ ოსცილაციები წარმოადგენენ შეკავებულ სუნთქვით მოძრაობებს, რომ ოსცილაციების რიტმი შეკავების მდგომარეობაში მყოფი ბაყაყის სუნთქვითი ცენტრის გარეგან გამოვლინებას წარმოადგენს.

აქედან გასაგები ხდება სუნთქვის ის დამახასიათებელი თავისებური ცვლილებები, რომლებიც ცხოველის საერთო სპონტანური მოძრაობის დროს აღმოცენდება. საერთო სპონტანურ მოძრაობებს შეიძლება წინ უსწრებდეს სუნთქვის სულ უფრო და უფრო გაძლიერებული შეკავების შედარებით გრძელი პერიოდი. მოძრაობათა ერთბაშად გაჩენა ხდება მაშინ, როცა სუნთქვითი ცენტრის მოქმედება მაქსიმალურად არის შეკავებული. საერთო მოძრაობის შემდეგ სუნთქვითი ცენტრის შეკავებული მოქმედება თანდათან უთმობს ადგილს მის აღმატებულ აქტივობას. მაშასადამე, ცხოველის საერთო მოძრაობათა ცენტრის მოქმედება შეკავებს სუნთქვითი ცენტრის მოქმედებას. ეს შემაკავებელი გავლენა მქლავდება ბევრად უფრო ადრე საერთო მოძრაობის დაწყებამდე; იგი ამავე დროს შეიძლება გრძელდებოდეს რამდენიმე ხანს მოძრაობის გათავების შემდეგაც.

სუნთქვითი მოძრაობის ის სერია, რომელშიც შედის სპონტანურ მოქმედებათა შორის არსებული სუნთქვითი მოძრაობები, ხასიათდება ამ მოძრაობათა ამპლიტუდის თანდათანობით შემცირებით, რომელიც გრძელდება ათეული მიწუტების განმავლობაში. ამრიგად, გარეგანი ვალიზიანების გარეშე სუნთქვითი ცენტრის აქტივობა თანდათანობით შესუსტებას განიცდის. მორიგი საერთო მოძრაობის შემდეგ ადგილი აქვს სუნთქვის მოქმედების გაძლიერებას. ეს პირობადებულია ელბათ იმ მრავალრიცხოვანი იმპულსებით ტაქტილური რეცეპტორებიდან და ლაბირინტებიდან, რომელთა წარმოშობაც ბაყაყის თავისა და კიდურების მოძრაობასთანაა დაკავშირებული საერთო მოძრაობის დროს. როგორც ჩანს, აფერენტული იმპულსაციის განსაზღვრული ნაკადის გარეშე სუნთქვითი ცენტრის სპონტანური აქტივობა თანდათანობით სუსტდება.

ამ მოსაზრებას ადასტურებს Bremer-ის [5], Claes-ისა [6] და სხვათა შრომები.

როგორც ნაჩვენებია იყო, სუნთქვითი მოძრაობის მრუდის ნაკვეთებზე შეიძლება აღინიშნოს დიდი და მცირე ტალღების მორიგეობის სხვადასხვაგვარი კომბინაცია. მოყვანილი ფაქტების თანახმად, ყველა ეს ვარიაცია შეიძლება ერთ მწკრივში განვალაგოთ, რომლის განაპირა წერტილები წარმოადგენენ, ერთი მხრივ, დიდი ამპლიტუდის ტალღების უწყვეტ რიტმს და, მეორე მხრივ, ოსცილაციების უწყვეტ რიტმს. შუალედებს დაიკავებენ გარდამავალი საფეხურები. ჩვენ მიერ განვითარებული მოსაზრების მიხედვით, ყველა ეს გარდამავალი საფეხური მაჩვენებელია სუნთქვითი ცენტრის სხვადასხვა ხარისხით შეკავებისა. ოსცილაციებისა და ფილტვების სუნთქვის უწყვეტი მორიგეობა, ადასტურებს ტვინის ლეროვანი ნაწილის ნეიროპილის აქტიური მდგომარეობის ცვალებადობას, რამდენადაც შეკავების ფუნქცია ნეიროპილიდანაა დაკავშირებული.

დასკვნა

1. გარეგანი გაღიზიანების გარეშე სუნთქვითი მოძრაობის ხასიათი იცვლება დროდადრო, ცხოველის საერთო სპონტანურ მოძრაობებთან დაკავშირებით.

2. გარეგანი გაღიზიანების გარეშე აღვილი აქვს სუნთქვითი ცენტრის მოქმედების თანდათანობით შესუსტებას.

3. საერთო სპონტანურ მოძრაობებს შეიძლება წინ უსწრებდეს სუნთქვის შეკავების შედარებით გრძელი პერიოდი, რომელიც თანდათან ძლიერდება. ცხოველის საერთო მოძრაობის შემდეგ სუნთქვითი ცენტრის შეკავებული მდგომარეობა თანდათან უთმობს ადგილს მის აღმართულ აქტივობას.

4. ოსცილაციებისა და ფილტვების მოძრაობის უწყვეტი მორიგეობა ადასტურებს ტვინის ლეროვანი ნაწილის ნეიროპილის აქტიური მდგომარეობის უწყვეტ ცვალებადობას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.12.1946)

დასრულებული ლიტერატურა

1. N. Wedenskii. Ueber die Athmung des Frosches. Pflüg. Arch. ges. Physiol., B. 25, 1881, S. 129.
2. X. С. Коштоянц. О соотношениях функций вегетативных и анимальных органов в свете их эволюции. М.-Л., 1937.
3. А. Ройтбак. О причине наличия у лягушки двух родов дыхательных движений. Сообщ. Академии Наук Грузинской ССР, том VIII, № 3, 1947.
4. E. Babak. Handbuch der vergleichenden Physiologie herausgegeben von Winterstein, Bd. I, H. 2, Jena, 1921, S. 706.
5. F. Bremer. L'activité „spontanée“ des centres nerveux. Bulletin de l'Académie Royale de Médecine de Belgique, IX, 1944, P. 148.
6. E. Claes. Contribution à l'étude physiologique de la fonction visuelle. Arch. Internat. Physiol., XLVIII, 1939, P. 181.

მეათე მცნობრა

სიგზი ჟღერტი

ქართული მოკალიზმი

(წარმოადგინა აკად. ნამღვ. წევრმა გ. ახვლედიანმა 12.3.1947)

1. ქართულ ხმოვანთა პროფილების ზუსტად გამოსარკვევად გამოვიყენეთ ხელოვნური სასისა და რენტგენოგრაფიის მეთოდები [1].

ხელოვნური სასის მეთოდით, როგორც ცნობილია, შესაძლებელია ხმოვანთა წარმოთქმისას მაგარ სასაზე ენის გვერდითი კიდეების შეხების საზღვრების გამოკვლევა და ამით ირკვევა ენის მდგომარეობა ამა თუ იმ ხმოვნის წარმოთქმისას და ენის მაგარ სასასთან შეხების მიმართულება. ხოლო პირისა და ხახის ღრუებში ამა თუ იმ ხმოვნის წარმოთქმისას შექმნილი თავისებური სარეზონანსო არე რომ განგვესაზღვრა და ენის კონფიგურაციის სურათი მიგველო, რენტგენით ვადალება ვაწარმოვეთ ⁴.

როგორც ცნობილია, ხმოვანთა ტიპები ენების მიხედვით განსხვავებულია აკად. ლ. შჩერბას თავის „ხმოვანთა სხვადასხვა ტიპის“ ტაბულაში მოცემული აქვს 48 ხმოვანი.

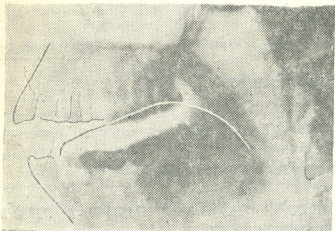
ო. აესპერსენს ოთხი სხვადასხვა ტიპის ა ხმოვანი აქვს დადგენილი: წინა (vorderste), ნეიტრალური (neutrale, „mittlere“), უკანა (hintere) და მოდუნებული (dumpfe) ა [2].

ქართული ა-ს წარმოთქმაზე ჩატარებულმა ჩვენმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ იგი არტიკულაციურად წინ წამოწეული ტიპის ხმოვანია, ე. ი. ო. აესპერსენის მიერ მოხსენებულ პირველ ტიპს განეკუთვნება. ამ ხმოვნის შედარებით უფრო მეტი სიფართოვის გამო მისი შესწავლა მხოლოდ რენტგენოგრაფიული გზით იქნა შესაძლებელი.

2. ქართული ა ხმოვნის რენტგენოგრაფია შემდეგს თავისებურებას გვიჩვენებს (ნახ. 1): ენის წვერი თავისუფლად ძეგს ქვედა საჭრელ მენდალურ კბილებთან. ენის მთელი ტანი საგრძნობლად წინ არის წამოწეული. წინა და შუა ენის ზურგის შესამჩნევად ამობურცვის გამო პირის ღრუს წინა ნაწილში სარეზონანსო არე შემცირებულია. ამიტომაც, რომ ქართული ა ხმოვნის ელფერი ოდნავ დახურული ხმოვნის შთაბეჭდილებას ახდენს. ასეთია ა სიტყვებში

⁴ ქართულ ხმოვანთა რენტგენოგრაფები შესრულებულია თბილისის ბავშვთა საავადმყოფოს რენტგენის კაბინეტში. რენტგენის სურათების გადაღებაში მონაწილეობდნენ ოტოლარინგოლოგი არ ჩ. ჩარგვიშვილი, რენტგენოლოგი თამარ სანოვი და ტექნიკოსი ვ. ცოცხაძე.

დანა, დაბა, მამა და სხვ. გარდა ამისა, ქართული ა-ს წარმოთქმისას ენის წინა ნაწილის კოეზისებური ოდნავი ჩაზნექილობა შეიმჩნევა.



ნახ. 1

ნავს, ბევრი რუსულში ა-ს უკან წარმოთქვამს ([3], გვ. 38). ამის მიხედვით ირკვევა, რომ ქართული ა შესამჩნევად უფრო წინ წარმოებულ ხმოვანია, ვიდრე რუსული ა¹.

ქართული ა-სა და რუსული ა-ს აკუსტიკური და არტიკულაციური შედარების საფუძველზე ანალოგიური დასკვნა აქვს მოცემული გ. ახვლედიანს [4]. ამ შემთხვევაში გ. ახვლედიანის მოსაზრებას სავეებით ადასტურებენ ჩვენი ექსპერიმენტული მონაცემები.

ქართული და სვანური ა-ს რენტგენოგრაფების შედარებით ირკვევა, რომ მათ შორის შესამჩნევი განსხვავებაა. სვანური ა ნეიტრალური ტიპის ხმოვანია ([1], IX, ნახ. 3) (შდრ. დაბა, სვან. დაბა ყანა). ქართული და სვანური ა-ს ეს განსხვავება კარგად შეიმჩნევა, როდესაც ქართულის ცუდად მკოდნე სვანი ისეთ ქართულ სიტყვებს წარმოთქვამს, რომლებიც ა ხმოვნის შემცველია.

3. ქართული ე ხმოვნის წარმოთქმისას ენის გვერდითი კიდეების შეხება მაგარ სასასთან გარკვეულ კვალს ტოვებს. პალატოგრაფიით ირკვევა, რომ ქართული ე-ს წარმოთქმისას (ნახ. 2) შუა ენის ზურგი ა-სთან შედარებით იწვევს კიდე უფრო მაღლა, სასის წინა ნაწილისაკენ, ხოლო ენის გვერდითი კიდეები მოიცავს მაგარი სასის გვერდებს მცირე ძირითადი პირველი წყვილი კბილებიდან ხელოვნური სასის ბოლომდის. ასეთია ე სიტყვებში: დევს, წევს, სცემს და სხვ. ირკვევა, რომ ქართული ე ოდნავ დახურული და წინ წამოწეული ხმოვანია, ამიტომ არის, რომ ხშირად იგი დიალექტებში დიფთონგოიდულ იქცევა (შდრ. გურ. აერი კაცი).

ქართული ე-ს პალატოგრაფის ლ. შერბას რუსული „ე“ და ფრანგული „ე“-ს ([3], გვ. 34—35) პალი-

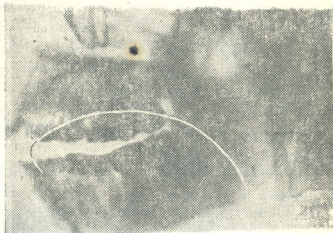


ნახ. 2

¹ სწორედ ამიტომ ხშირად რუსები ქართულ ა-ს აკუსტიკურად აღიქვამენ როგორც რუსულ ფართო ე-ს.

ტოგრაამებთან შედარება გვიჩვენებს, რომ ქართულ ე-ს საშუალო ადგილი უკავია რუსულის „ე“-სა და ფრანგულის „ე“-ს შორის; იგი არც ისე დახურულია, როგორც რუსული „ე“, და არც იმდენად ღიაა, როგორც ფრანგული „ე“. ქართული ა-ს წარმოთქმისას ენის წინა ნაწილის ზედაპირზე შენიშნული კოეზისებური ოდნავი ჩაზნექილობა ე-ს წარმოთქმისას კიდევ უფრო მეტად შესამჩნევია.

ქართული ე ხმოვნის რენტგენის სურათით (ნახ. 3) ირკვევა, რომ ენის წვერი, მსგავსად ა-ს წარმოთქმისა, ქვედა საქრელ მედიალურ კბილებთან ძვეს. ენის ტანი წინ არის წამოწეული ისე, როგორც ა-ს წარმოთქმისას იყო, ოღონდ ენის წინა და შუა ნაწილის ზურგი შესაბამეად მალა აწეული, ა-ს წარმოთქმისთან შედარებით.



ნახ. 3

ამიტომ პირის ღრუს წინა ნაწილში საგრძნობანსო ჯარე საგრძნობლად შევიწროებული. ქართული ე-ს ოდნავ დახურულობას რენტგენოგრაფია საყსებით ადასტურებს. საერთოდ, რენტგენოგრაფიის სურათი საყსებით ადასტურებს იმ შედეგებს, რომლებიც პალატოგრაფიული გზით მივიღეთ ქართული ე-ს წარმოთქმისას.

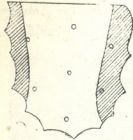
ქართული ე-ს რენტგენოგრაფიის შედარება სვანური ე-ს რენტგენოგრაფიასთან ([1], XI, ნახ. 12) გვიჩვენებს, რომ ქართული ე უფრო წინ წამოწეული ხმოვანია, ვიდრე სვანური ე. ამ განსხვავებას ადასტურებს ქართული და სვანური ე-ს პალატოგრაფიის შედარებაც. კერძოდ, სვანური ე-ს წარმოთქმისას ([1], I, ნახ. 2) იწყება ენის გვერდითი კიდეების შეხება მაგარ სასასთან მცირე ძირითადი მეორე წყვილი კბილებიდან და გრძელდება ხელოვნური სასის ბოლომდის, მაშინ როდესაც ქართული ე-ს წარმოთქმისას ენის გვერდითი კიდეების შეხება იწყება მცირე ძირითადი პირველი წყვილი კბილებიდან. გარდა ამისა, ქართული ე-ს წარმოთქმისას ენის გვერდითი კიდეების შეხების სითართოვე მაგარ სასასთან უფრო მეტია, ვიდრე სვანური ე-ს წარმოთქმისას.

ქართული ე-ს პროფილის შედარება რუსულის „ე“-ს პროფილთან გვიჩვენებს, რომ ქართული ე-ს პროფილი ძალიან უახლოვდება რუსული „ე“-ს პროფილს სიტყვაში „аѣѣ“ ([3], გვ. 33). რუსული „ე“ ყველაზე უფრო ფართოა სიტყვაში „аѣѣ“, მაგრამ ქართულს ასეთი ფართო ე თითქოს არ ახასიათებს (შდრ. ს ც ე მ ს).

4. ქართული ე ხმოვნის პალატოგრაფიული სურათი (ნახ. 4) გვიჩვენებს, რომ ენის ტანი საგრძნობლად უფრო წინა წამოწეული, ვიდრე ა-სა და ე-ს წარმოთქმისას. გარდა ამისა, ენის წინა და შუა ნაწილის ზურგი ე-სთან შედარებით კიდევ უფრო მალა იწეეს მაგარი სასის წინა ნაწილისაკენ და უახლოვდება მას. ამიტომ ენის გვერდითი კიდეების შეხება მაგარ სასასთან ბო-



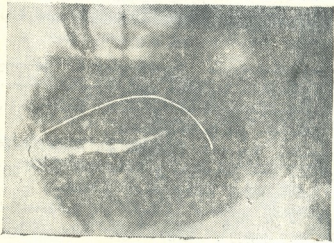
ლოდან თითქმის ეშვებსაც მოიცავს. ენის გვერდითი კიდეების მაგარ სასასთან შეხების სიფართოვეც ე-სთან შედარებით გაცილებით უფრო დიდია. ქართული ი-ს პალატოგრამის სვანური ი-ს პალატოგრამისთან ([1], 1, ნახ. 6) შედარებით ირკვევა, რომ ქართული ი უფრო წინ წამოწეული ხმოვანია, ვიდრე სვანური ი.



ნახ. 4

სვანური ი-ს წარმოთქმისას ენის გვერდითი კიდეების მაგარ სასასთან შეხება მხოლოდ ეშვებამდის აღწევს და ენის გვერდითი კიდეების შეხების სიფართოვეც მაგარ სასასთან ქართული ი-ს წარმოთქმისას უფრო მეტია, ვიდრე სვანური ი-ს წარმოთქმისას. ქართული ი-ს პალატოგრამის ლ. შჩერბას მიერ შესრულებული i-სა და ფრანგული i-ს პალატოგრამებთან ([3], გვ. 32) შედარება მათ შორის შესამჩნევ სხვაობას გვიჩვენებს.

ქართული ი ხმოვნის რენტგენოგრამის (ნახ. 5) მიხედვით ირკვევა, რომ ენის წვერი მიბჯინილია ქვედა საკრელ მედიალურ კბილებთან. ენის წინა და შუა ნაწილის ზურგი კიდეც უფრო აწეულია ზევით მაგარი სასისაკენ, ვიდრე ე-ს წარმოთქმისას, და ამიტომ პირის ღრუს წინა ნაწილში კიდეც უფრო შემცირებულია სარეზონანსო არე, ვიდრე ე-ს წარმოთქმისას იყო. ასეთია ი სიტყვებში: დიდი, თითი, შიში და სხვ. ქართული ი-ს რენტგენოგრამის მონაცემები ადასტურებენ იმ შედეგებს, რომლებიც ქართული ი-ს პალატოგრამით მივიღეთ. ის ოდნავი ჩაზნექილობა წინა ენის ზედაპირისა, რომელიც ჩვენ ა-ს წარმოთქმისას აღვნიშნეთ და უფრო მეტად შეიმჩნეოდა ე-ს წარმოთქმისას. კიდეც უფრო თვალსაჩინოა ი-ს წარმოთქმისას.



ნახ. 5

ქართული ი-ს რენტგენოგრამის სვანური ი-ს რენტგენოგრამისთან ([1], VII, ნახ. 20) შედარება გვიჩვენებს, რომ ქართული ი უფრო წინ წამოწეული ხმოვანია, ვიდრე სვანური ი.

ქართული ი-ს პროფილის ლ. შჩერბას რუსული „ი“-ს პროფილთან შედარებით ([3], გვ. 31) ირკვევა, რომ რუსული ი-ს წარმოთქმისას შუა ენის ზურგი უფრო მაღლაა აწეული სასის კამარისაკენ, ვიდრე ქართული ი-ს წარმოთქმისას, ამ შემთხვევაში სვანური ი-სა და რუსული ი-ს პროფილები ერთმანეთთან უფრო მეტ თვისობრივ სიახლოვეს ამჟღავნებენ, ვიდრე ქართული და სვანური ი-ს პროფილები.

5. ქართული ი-ს წარმოთქმისას პალატოგრამით (ნახ. 6) ირკვევა, რომ უკანა ენის ზურგი მაგარი სასის ბოლოზე შეხების გარკვეულ კვალს ტოვებს.

ენის გვერდითი კიდეების შეხება მოიცავს სიბრძნის კბილების არეს და ნაწილობრივ ძირითადი მეორე წყვილი კბილების არესაც. ქართული ო-ს პალატოგრაფია ნათლად გვიჩვენებს, რომ ქართული ო უფრო წინ წამოწეული ხმოვანია, ვიდრე რუსული o. პროფ. ვ. ბოგოროდიცი შენიშნავს, რომ მის წარმოთქმაში ზოგჯერ ხდება ენის უკანა ნაწილის შეხება სიბრძნის კბილების არეში და ზოგჯერ არა [5]. ქართული ო-ს წარმოთქმისას კი ასეთ რყევას აღვილი არა აქვს. შეხების კვალი მაგარ სასაზე ყოველთვის მივიღეთ. აღსანიშნავია, რომ სევანური ო-ს წარმოთქმისას, მსგავსად რუსული o-ს წარმოთქმისა, ენის უკანა ნაწილის შეხებას მაგარ სასასთან აღვილი არა აქვს, ეს კი იმას ამტკიცებს, რომ სევანური ო უფრო უკან წარმოებულა ხმოვანია, ვიდრე ქართული ო.



ნახ. 6

პალატოგრაფულ მონაცემებს ქართული ო-ს შესახებ საცხებით ადასტურებენ რენტგენოგრაფული მონაცემები. ქართული ო-ს რენტგენოგრაფიის (ნახ. 7) მიხედვით ირკვევა,

რომ ენის წვერი ოდნავ მოცილებულია ქვედა საჭრელ მედიალურ კბილებს; ეს იმიტომ, რომ ენის ტანი ო-ს წარმოთქმისას უკანაა გადაწეული, მაგრამ არც იმდენადაა გადაწეული, როგორც სევანური ო-ს წარმოთქმისას ([1], XIII, ნახ. 24).



ნახ. 7

ქართული ო-ს წარმოთქმისას ხაზის კედელსა და ენის უკანა ნაწილს შორის საკმაო სიდიდის სარეზონანსო არეა შექმნილი. ასეთია ო სიტყვებში: ორი, ოდა, სორო და სხვ. გარდა ამისა, ქართული ო ოდნავ დახურული ხმოვანიცაა. ალბათ, ეს უწყობს ხელს დიალექტებში მის დიფთონგოიდალ ქცევას (შდრ. ვორი, ვორმო, ვოცი და სხვ.).

ქართული ო თვისობრივად დაახლოებით ისეთ მიმართებაშია რუსულ ო-სთან, როგორშიც სევანურ ო-სთან არის. ლ. შჩერბას აღწერილობით ნორმალური რუსული o დიფთონგოიდურია. მისი ელფერი შემართვისას მოგვაგონებს ფართო ყ-ს და შემდეგ ეწყობა ორგანოები ო-ს წარმოსათქმელად ([3], გვ. 47). რუსული o ქართულ ო-სთან შედარებით ღრმად უკანანისმიერია. ქართული ო-სა და რუსული ო-ს არტიკულაციური განსხვავება აღნიშნული აქვს გ. ახვლედიანს. ავტორი რუსულ ო-ს ქართულ ო-სთან შედარებით უფრო ფართო და უკანა ხმოვნად მიიჩნევს ([4], გვ. 185). რაც შეეხება ბავების მოქმედებას



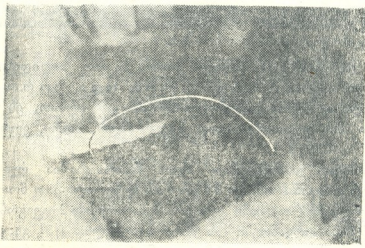
ქართული ო-ს წარმოთქმისას, იგი ოდნავ მომრგვალებული და სუსტად აქტიურია. საერთოდ, ქართულისათვის არ არის დამახასიათებელი ბაგეების ენერგიული მოქმედება. ქართულ ო-ს დაახლოებით რუსულისებური ბაგეების აქტიურობა ახასიათებს.

6. ქართული უ-ს წარმოთქმისას მავარ სასასთან ენის უკანა ნაწილის შეხების კვალი უფრო ფართოა (ნახ. 8), ვიდრე ო-ს წარმოთქმისას. უ-ს წარმოთქმისას ენის საერთო მდგომარეობა დაახლოებით ისეთივეა, როგორც ო-ს წარმოთქმისას, ოღონდ ენის უკანა ნაწილის ზურგი უფრო მაღლა აწეული, ვიდრე ო-ს წარმოთქმისას. ენის გვერდითი კიდეები მოიცავენ სიბრძნის კბილებისა და ძირითადი კბილების მეორე წყვილის არეს. ასეთია, მაგ., უ სიტყვებში: უთო, ბუ, სული და სხვ.. ენის ასეთი მდგომარეობა ნათლად გვიჩვენებს, რომ უ საგრძნობლად ვიწრო ხმოვანია ო-სთან შედარებით. ქართული უ-ს პალატოგრამის სვანური უ-ს პალატოგრამასთან ([1], ნახ. 10) შედარება გვიჩვენებს, რომ განსხვავება მათ შორის საგრძნობია. კერძოდ, სვანური უ-ს წარმოთქმისას ენის უკანა ნაწილი მცირე შეხების კვალს ტოვებს სიბრძნის კბილების არეში და ნაწილობრივ ძირითადი მეორე წყვილი კბილების არეში. ამით მტკიცდება, რომ სვანური უ უფრო უკან წარმოებული ხმოვანია, ვიდრე ქართული უ. ქართული უ ისევე წინ წამოწეული ხმოვანია, როგორც ქართული ო.



ნახ. 8

ქართული უ-ს რენტგენის სურათი (ნახ. 9) საცხებით ადასტურებს ჩვენ მიერ პალატოგრამული გზით მიღებულ შედეგებს. უ-ს რენტგენოგრამაზე ნათლად ჩანს, რომ ენის წვერი ოდნავ მოცილებულია ქვედა საჭრელ მენდილურ კბილებს ისე, რომ ხახის არეში საკმაო სიღიძის სარეზონანსო არეა შექმნილი, ეს კი იმაზე მიუთითებს; რომ ქართული უ არ არის ღრმად უკანაენისმიერი. ქართული უ-ს რენტგენოგრამის შედარება სვანური უ-ს რენტგენოგრამასთან ([1], XV, გვ. 31) გვიჩვენებს, რომ სვანური უ ღრმად უკანაენისმიერია. უკანა ენის ზურგიც უფრო მეტადაა მიღლა აწეული რბილი სასისაკენ, ვიდრე ქართული უ-ს წარმოთქმისას. ქართული უ-ს პროფილი აგრეთვე შესამჩნევად გასხვავდება ლ. შჩერბას რუსული უ-ს პროფილისაგან ([3], გვ. 44). რუსული



ნახ. 9

ქართული უ-ს წარმოთქმისას. ქართული უ-ს პროფილი აგრეთვე შესამჩნევად გასხვავდება ლ. შჩერბას რუსული უ-ს პროფილისაგან ([3], გვ. 44). რუსული

u ღრმად უკანანისმიერია. ამდენად იგი სვანურ უ-ს უფრო უახლოვდება, ვიდრე ქართულ უ-ს. რაც შეეხება ბაგეების სურათს ქართული უ-ს წარმოთქმისას, ბაგეები ოდნავ მომრგვალებულია და უფრო წინაა წამოწეული, ვიდრე ო-ს წარმოთქმისას. ბაგეების მოქმედება ქართული უ-ს წარმოთქმისას ისევე სუსტია, როგორც ო-ს წარმოთქმისას.

როგორც ზემოთ ვნახეთ, ქართულ ხმოვანთა პალატოგრაფებისა და რენტგენოგრაფებით მიღებული შედეგები სავესებით ადასტურებენ და ავსებენ ერთიმეორის ჩვენებებს. ის ფაქტი, რომ ქართული ა შესამჩნევად წინ წამოწეული ხმოვანია, უკვე განსაზღვრავს წინა რიგის ხმოვნების ე, ი-ს არტიკულაციურად წინ წარმოებას. ამ მხრივ გარკვეული კანონზომიერება იქნა ჩვენ მიერ შემჩნეული ქართულ უკანა რიგის ხმოვანთა წარმოებაშიც. ტიპოლოგიურად ქართული ო და უ უფრო ნეიტრალური წარმოების ხმოვნებია, ვიდრე ღრმად უკანანისმიერნი.

გარდა ამისა, ჩვენი ცდების მიხედვით ერთი მეტად საყურადღებო ფაქტი გამოიკვეთა: მიუხედავად იმისა, რომ ქართული და სვანური ენები მონათესავე ენებია, ხმოვანთა წარმოთქმისას სამეტყველო ორგანოთა დაყენება ერთმანეთისაგან განსხვავებული აქვთ. ქართულ ძირითად ხმოვნებს უფრო წინა არტიკულაცია ახასიათებთ, სვანური ძირითადი ხმოვნები კი არტიკულაციურად უფრო უკანა წარმოებისანი არიან. ეს დასკვნა სავესებით შეეფერება იმ საერთო არტიკულაციურ თავისებურებას, რომელიც სვანურს ახასიათებს დღეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
აკად. ნ. მარის საეფლოზის ენის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.3.1947)

დავოწმებული ლიტერატურა

1. სერგი ჟღენტო. სვანურ ხმოვანთა პალატოგრაფები და რენტგენოგრაფები. იბერიულ კავასიური ენათმეცნიერება, I, თბილისი, 1946.
2. O. Jespersen. Lehrbuch der Phonetik. Leipzig, 1932, S. 162.
3. Л. В. Щерба. Фонетика французского языка. Ленинград, 1939.
4. გ. ახვლედიანი. ზოგადი და ქართული ენის ფონეტიკის საკითხები. თბილისი, 1937.
5. В. А. Богородицкий. Фонетика русского языка в свете экспериментальных данных. Казань, 1930, стр. 76.

ხელოვნების ისტორია

ჩინი შპარლიზი

ატენის სიონის კედლის მხატვრობის დათარიღების საკითხისათვის


(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა გ. ჩუბინაშვილმა 15.3.1947)

დამწერლობის ხასიათი, იქნება ეს ხელნაწერი, ფრესკული წარწერა, ქვის ფილაზე ამოჭრილი თუ ვერცხლის ქედური ხატის წარწერა,—ისევე, როგორც მხატვრული ნაწარმოების ყოველი ელემენტის შესრულების ხასიათი,—დროს განმავლობაში არსებით ცვლილებებს განიცდის.

გადამწერის მოთხოვნილება ტექსტი მკითხველისათვის შესახებდავად სასიამოვნო გახადოს დამწერლობას დეკორაციულ ხელოვნებათა სფეროს აზიარებს და უფლებას გვაძლევს ვილაპარაკოთ ამ დარგის სტილისტიკური ეტაპების რიგზე—ეტაპებზე, რომლებიც იქმნება დამწერლობისადმი მხატვრული მიდგომის შეცვლით დროის სხვადასხვა პერიოდში. გამოვიდვიართ რა აქედან, უნდა ვიფიქროთ, რომ წარწერის მქონე ძეგლის თარიღი უნდა ემთხვეოდეს როგორც ძეგლის მხატვრულ ბუნებას, ისე წარწერის ხასიათს. ამ ნაშრომის მიზანია დავასაბუთოთ, საჭიროება—ყურადღებით გადათვალთვალო იქნეს ატენის სიონის კედლის მხატვრობის თარიღი, რამდენადაც სტილისტიკური ხასიათი იმ წარწერათა, რომლებიც ფრესკების ცალკეულ სიუჟეტებს განმარტავს, არ ეთანხმება ამ მოხატულობისათვის ბოლო დროს მიკუთვნებულ თარიღს—904—906 წ.

ადიშის სახარება, 897 წლით დათარიღებული ხელნაწერი, გადაწერილია ამ დროისათვის ჩვეულებრივი ასომთავრულით. ასოები იმგვარად არის სიტყვეებში განლაგებული, რომ მხილველი თითოეულ ასოს ცალ-ცალკე აღიქვამს. აქედან გამომდინარეობს ის, რომ ტექსტი ადვილად გასარჩევია. ვერ ვიტყვით, რომ გადამწერი სრულიად უგულვებლყოფდეს ასოების შეკავშირების შესაძლებლობას—მას თავისთავად ევლინება კომპოზიციური ხერხი ერთი ასოს მოთავსებისა შუალედში, რომელიც იქმნება მეზობლად მდგომ მეორე ასოს მოხაზულობით. ზოგჯერ რომელიმე სიტყვა ან სიტყვის ნაწილი შემჭიდროებით არის მოცემული, იმის გამო, რომ ამ სიტყვაში შემთხვევით შეგჯუფულია ისეთი ასოები, რომლებიც ლაგდებიან ერთ მჭიდრო, უხარვეზო მწკრივად ([1], ცხრ. 25). მაგრამ ხელნაწერის ტექსტის ხასიათი ამ მოვლენებით როდი განისაზღვრება; მთლიანად იგი ხასიათდება, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, სიტყვებში ასოების ფართო განლაგებით, რის გამოც მიიღება მკაფიო და ადვილად გასარჩევი ნაწერის შთაბეჭდილება. ასოების მოთავსება ასოებში და აგრეთვე ის კომპოზიციური შერთება ასოებისა, რომელსაც მონოგრამა ეწოდება, სრულიად არ

მოიპოვება ამ ხელნაწერში, სახენაო ასოები ყოველთვის განცალკევებულია, ხოლო სტრიქონების ბოლოებში, სადაც, ვერტიკალზე ტექსტის გათანაბრების მიზნით, ბუნებრივი იყო სხვადასხვა ხერხის გამოყენება, ჯაღაწერი ან სიტყვების სიგრძეს ამოკლებს, ან ამცირებს სტრიქონის ბოლო სიტყვების ასოების სიდიდეს, ანდა ამკიდროვებს უკანასკნელი სიტყვის მოხაზულობას ([1], ცხრ. 25). არათუ მონოგრამის იდეა, თვით ერთი ასოს მოთავსება მეორე ასოს მოხაზულობაში, უცხოა გაღამწერისათვის, რომელიც ამ მხრივ თავის წინამორბედთა პრაქტიკის პირდაპირი განმტკიცებია. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ ხანმეტე ლექციონარი, რომელიც პალეოგრაფულ და ენის მონაცემთა საფუძველზე თარიღდება დროით არა უგვიანეს მე-7 საუკუნის მეორე ნახევრისა [2]. ამ ხელნაწერის ლამაზი, მსხვილი ასომთავრული განსაკუთრებით მკაფიოა ასოების მოხაზულობისა და მათი ერთობის მიმართ განწყობის მხრივ. ერთი ასოს კომპოზიციური შეერთება მეორესთან აქაც გვხვდება ([2], გვ. 3), მაგრამ იშვიათად, შემთხვევიდან შემთხვევამდე, არა იმ ხაზგასმულობით, რომლითაც განიჩქევიან, როგორც შემდგომ იქნება ნაჩვენები, უფრო გვიანი დროის ხელნაწერების ტექსტები. ერთი ასოს ჩაწერა მეორე ასოში, ერთი ასოს მიერ მეორის, მასთან მეზობელი ასოს დაპყრობა სრულიად არ გვხვდება ხელნაწერში, რომელსაც განვიხილავთ. მკაფიო, მკვეთრი შრიფტი იკითხება ადვილად, ძალდაუტანებლად წაკითხვა რამოდენადმე გაძნელებულია მხოლოდ იმის გამო, რომ სიტყვების გამყოფი ინტერვალები საკმაოდ საზღვრული არ არის, და სიტყვები შერწყმულია მხილველისათვის ერთ თითქმის განუყვეთელ სტრიქონად. სტრიქონის ბოლო

აღინიშნება ორწერტილით, რომელსაც ზოგჯერ თან სდევს ნიშანი 

ვუბრუნდებით რა ადიშის სახარების ხელნაწერთა წრეს, ე. ი. მე-9 საუკუნის ბოლოს ხელნაწერებს, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ძველ ფრაგმენტში, რომელიც წარმოადგენს იერუსალიმის განჩინების კალას ხელნაწერის ნაწილს (ინახება სვანეთში მესტიის მხარეთმცოდნეობის მუზეუმში), გვხვდება იგივე სისტემა—აქ ვხედავთ ტექსტის მსხვილად წერილ სიტყვებში თავისუფლად განლაგებულ ასოებს; ერთიმეორის გვერდით მდგომარე ასოების არასწორ კომპოზიციურ შეთავსებას; სტრიქონის დამთავრებას ორწერტილით; ვერ ვხედავთ რაიმე ნიშანს არათუ მონოგრამისას, არამედ ლიგატურისასაც კი.

უფრო გვიანი დროისათვის, ჯრუჭის პირველ ოთხთავზე დამყარებით (გაღამწერილია 936 წელს), შეიძლება ვთქვათ შემდეგი: გრძელდება ასოების სიტყვებში თავისუფალი განლაგება, რის გამო ტექსტი ადვილად გასარჩევია; ადგილ-ადგილ ტექსტი, როგორც წინათ, მკიდროა, ასოების მიჯრით დაყენების გამო. ამასთანავე ხელნაწერში ზოგჯერ ვხედავთ ერთი ასოს მეორე ასოში მოთავსებას იმ მიზნით, რომ სვეტის ვერტიკალი არ დაირღვეს არც ფარგლებში სტრიქონის განგრძობის გამო. გარდა ამისა, ეს ხდება იმისათვის, რომ თავიდან იყოს აცილებული სიტყვის ნაწილის მეორე სტრიქონში გადატანა. ასოების შემკიდროება ხდება ან ზემომოყვანილი ხერხით, ე. ი. ერთი ასოს მეორე

რეში მოთავსებით, — მაგალითად, ს ან ძ თავსდება ო-ში, — ან მეორე ასოს ატა-
 ნით სტრიქონით ზემოთ. უკანასკნელ შემთხვევაში მეორე ასო საგრძნობლად
 არის შემცირებული და ზოგჯერ წინა ასოსთან კომპოზიციურად დაკავშირებულ-
 ლი. ასეთი მოვლენა თითქოს გზას უკვლევს მონოგრამის წარმოშობას, მაგრამ
 ამ 936 წლის ხელნაწერში არც მონოგრამა, არც ლიგატურა არ მოიპოვება.

ჯრუჭის პირველი სახარების ტექსტში ვერ ვხვდებით ისეთ სიტყვას, რო-
 გორიც არის ასოს მიერ გადაცდენა სახელებისა, — შემდგომი სტრიქონის
 ზეითა ხაზისა, პირიქით, იმ ასოების ღერძები, რომლებიც სტრიქონს ქვემოთ
 გრძელდება, მთავრდება შემდგომ სტრიქონამდე, ე. ი. მას არ მიაღწევს ([3],
 ცხრ. 7, ნახ. 14).

პარხალის სახარების ხელნაწერი (S 1453), გადაწერილი 973 წელს, იმ არ-
 სებით ცვლილებათა მაჩვენებელია, რომლებიც ქართული ხელნაწერის ტექსტის
 სახემ განიცადა [3]: აქ ვხვდებით უფრო მომცრო ასოებს; სტრიქონებში ასოე-
 ბის სიმჭიდროვეს, რის გამო ტექსტის წაკითხვა ზოგჯერ ძნელდება; სტრიქონ-
 ნის დამთავრებას აბზაცში მოხდენილი ნიშნით; იმავე ნიშნის გამოყენებას იმი-
 სათვის, რომ აბზაცის უკანასკნელი მოკლე სტრიქონი გათანაბრდეს ნორმალუ-
 რი სიგრძის სტრიქონებთან; სინგურით შესრულებულ მცირე ჯგერებისა და სხვა
 ნიშნების ტექსტში გაფანტვას; ტექსტის უკანასკნელ სტრიქონში ასოების ღერ-
 ძების მანეროდ განგრძობას ([3], ცხრ. 13). უკანასკნელ ხერხს მნიშვნელობა
 აქვს იმ მხრივ, რომ იგი შეგნებულად იყენებს დეკორაციულ შესაძლებლობას.
 მოკლე ხაზში იგი მნიშვნელოვან როლს ითამაშებს ფურცლიდან მიღებული ში-
 ბეჭდილებისათვის. ზემოხსენებულ პირობებზე დამოკიდებულია ტექსტის მოხდე-
 ნილობისა და მორთულობის შთაბეჭდილება, უფრო აღრინდელი ხელნაწერების
 მკაცრი და კლასიკური სახისაგან განსხვავებით. მით უფრო მნიშვნელოვანია,
 რომ აქაც, ე. ი. ხელნაწერში, რომლის გადამწერი დეკორაციულ მხარეს ესო-
 დენ ყურადღებას აქცევს, მონოგრამები მაინც არ გვხვდება.

მხოლოდ ახლა, X საუკუნის უკანასკნელი მეოთხედის საზღვარზე, ჩვენ სულ
 ახლო მიველით ნამდვილი მონოგრამის ჯერ ჩასახვისა და შემდეგ გამოვლინების
 მომენტთან. საზენაო ასოებს შორის მტკიცე მხედველობითი კავშირის შექმნის
 მოთხოვნილება წარმოშობს ლიგატურის ახალ სახეს: მასში ვიწრო შუალედი
 ორ მიახლოებულ ასოს შორის შეფერადებულია საღებავით, რაც ხაზს უსგამს
 მათ შორის კავშირს (A 190, ფურც. 1 v., 2 v. და სხვ.; A 98, ფ. 139 r.). ერთსა
 და იმავე დროს გადამწერი, თითქოს შემთხვევით, შეეხეჩება ასოების მონო-
 გრამული შეერთების შესაძლებლობას (A 190, ფ. 4 r; S 1138, ფ. 22 r.), მაგ-
 რამ ტექსტში მონოგრამის შეგნებული შეტანა მოხდება კიდევ რამდენიმე ხნის
 შემდეგ. ასე თუ ისე, მე-10 საუკუნის უკანასკნელ მეოთხედში ჩნდება მონოგრა-
 მები. ამ დროის ხელნაწერების მთელ რიგში (კალის ხელნაწ., 35 r, 40 r, და
 სხვ.; სახარება A 98, 109 r და სხვ.) ვხვდავთ მისი გამოყენების პირველ, ჯერ
 გაუბედავ ცდებს. როგორც ჩანს, ამ ღირსშესანიშნავ ფაქტს ბიზანტიაშიც აქვს
 ამავე დროს ადგილი. ქართულ ხელნაწერებში მონოგრამის ვაჩენა მაინც დროის
 საკმაოდ დიდი შუალედით დაშორებულია იმ მომენტისაგან, როდესაც ის იბ-

ყრობს მთელ სათაურს, ე. ი. იმ მომენტისაგან, რომელიც შეიძლება აღვნიშნოთ, როგორც გადახრა თხზული ასოების შექმნისაკენ.

ახლა ატენის სიონის ფრესკულ მხატვრობას რომ მივუბრუნდეთ, დავინახეთ შემდეგს: სიუჟეტების დასახელებაში თუ ტექსტურ სხვა ჩანაწერებში (გრაფიკების ტექსტი, ცალკეული პერსონაჟების ტექსტური „ღნიშვნები“) გამოყენებულია ასოების მონოგრაფული შეერთება, ხოლო ასომთავრულ დანარჩენ სტრიქონებში აშკარად ჩანს ასოების მოხაზულობის კომპოზიციური გამოყენების ნისწრაფება. ამასთან გადამწერი უფლებბელყოფს სტრიქონში ასოების განწყობის კლასიკურ ხერხს, ე. ი. თავის თავს ნებას აძლევს ანგარიში არ გაუწიოს იმას, რომელი ასოები უნდა გადასცდეს სტრიქონის ფარგლებს ქვევითკენ და რომლები უნდა მოთავსდეს სტრიქონის ფარგლებში. სტრიქონიდან მკვიდრო მხედველობითი წონასწორი შთაბეჭდილების მისაღებად ის ხან აწვევს, ხან დაწვევს ასოებს ერთიმეორის მიმართ, და ამას მსხვერპლად სწირავს წინანდელ მკაცრ დამწერლობის პრინციპებს. გარდა ამისა, არა იშვიათად ის ათავსებს ერთ რომელიმე, ზომით ძალიან შემცირებულ, ასოს მეორე და ჩრდილოეთ აბსიდას, რომლებშიც წარწერებში, რომლებიც ამკობენ სამხრეთ და ჩრდილოეთ აბსიდას, ჩნდება ნამდვილი ჩართულობა (თხზული ასოები),—ტექსტის სტრიქონის მანძილზე მომიჯნავე ასოები მონოგრაფულად არის შეერთებული.

ამრიგად, ატენის ფრესკების წარწერათა სტილისტიკური ხასიათი ძირითადად განსხვავდება ასომთავრულის მიერ მე-10 საუკუნის მთელ მანძილზე აღებული გეზისაგან, რადგანაც, როგორც ნაჩვენები იყო, გამოყენების დიპაზონი მონოგრაფიისა, რომელიც მხოლოდ მე-10 საუკუნის მესამე მეოთხედის საზღვარზე ჩნდება, საკმაოდ ხანგრძლივ ძალიან ვიწრო რჩება და ყოველ ცალკე შემთხვევაში ტექსტის ორი საზენაო ასოს მარტივი შეერთებით განისაზღვრება.

ატენის ფრესკების წარწერებში კი ვხედავთ ასოების მონოგრაფულ შეერთებას მთელი სტრიქონის მანძილზე; გარდა ამისა, აქ ვხვდებით ასოზე წვეტიან ეკლისებურ პატარა სამკაულს, რომელიც პირველად ჩნდება მე-11 საუკუნის მესამე მეოთხედის ხელნაწერში (A 87), და წარწერების მთლიანად დეკორაციულ სახეს, ეს გვაიძულებს მთელი მოხატულობა საუკუნე-ნახევრო წინ ვადავწიოთ, შედარებით იმ თარიღთან, რომელსაც მას აკუთვნებენ, ე. ი. დავათარილოთ მე-11 საუკუნის მესამე მეოთხედით და არა უადრეს ამისა. ამავე დასკვნამდე მივიყვანა წარწერების შემოწმებამ ფრესკულ სხვა მოხატულობაზე, კედლურ ხატებზე თუ ქვაზე.

ეპიგრაფიკის სფეროში მონოგრაფების გაჩენისა და ჩართულობის ჩასახვის მომენტის გადასინჯვა შესაძლებლობას გვაძლევს ვამტკიცოთ, რომ მონოგრაფის შეგნებული და ნამდვილი მხატვრული გამოყენება პირველად მე-11 საუკუნის ოცდაათიანი წლების ზღორუბლზე ჩნდება (წარწერა მცხეთის სვეტიცხოველის ტაძრის გალავნის საზეიმო შესავალზე [4], გვ. 134, ნახ. 1, დეკორაციული წარწერა სამთავისის ტაძრის აღმოსავლეთ ფასადზე). უნდა აღინიშნოს შემდეგი: მიუხედავად იმისა, რომ სამთავისის წარწერაში ნამდვილი მონოგრაფა არ არის, მაინც მისი ასოების შეერთება აღიქმება როგორც დეკორაციული ამოცანა, როგორც თავისებური გრაფიკული ნახატი, რომლის სილამაზის გულისათვის თა-

ვისუფლად იცვლება ასოების პროპორციები და მათი მიმართებანი ერთ-ერთთან და სტრიქონთან. წარწერის გაფორმების ახალ მიდგომას მოწმობს ასოების ეკლებით შემკობაც, ატენის სიონის წარწერების ხერხის ანალოგიურად.

საქართველოში არა გვაქვს მე-10 საუკუნით დათარიღებული ფრესკული მხატვრობა, და დამწერლობის სტილის ევოლუციის სურათის დადგენა მის მიხედვით ისე, როგორც ეს შესაძლებელია ხელნაწერების მიხედვით, ვერ ხერხდება. ოშკის მონასტულობაში, რომელიც 1036 წლით არის დათარიღებული, მონოგრაფული კავშირი ასოებს შორის ჯერ არ არის გამოყენებული. ზემო კრიხის წარწერებიც კი, რომლებიც ცალკეული ასოების მოხაზულობის მხრივ ნაკლებ კლასიკურია, ვიდრე ოშკის წარწერა, ატენის წარწერებს ჩამოუვარდება, რამდენადაც უკანასკნელნი უფრო დეკორაციულია ასოების რთული შერთების მხრივ. ატენის წარწერები უდავოდ უფრო ახლო დგას სტილისტიკურად ბერთუბნის წარწერებთან, ვიდრე ოშკის წარწერებთანაც კი. ასომთავრული მუშავდება წმინდა დეკორაციულობის მიმართულებით, ლამაზ ორნამენტად იქცევა. ასომთავრულის ცხოვრების ახალი ფაზის დასაწყისი ეტაპის ილუსტრაციას ატენის წარწერები წარმოადგენს.

ქედური ხელოვნების ნაწარმოებთა წარწერებში ასომთავრულის გადახრა მკაცრი დამწერლობიდან დეკორაციულ ჩართულობამდე (თხზული ასოები) ჩნდება აგრეთვე არა უგვიანეს მე-11 საუკუნის მეორე მეოთხედისა: იშხანის ჯვრის (973 წ.) ტექსტის მკაცრი სტილი (ერმაკოვის ფოტო, № 16787 და 16788) რამოდენადმე შერბილებულია შემოკმედის (ფოტო № 18013, 18014, 18015) და სალოლაშენის ფირფიტების და მესტიის მესვეტის ხატის (ფოტო № 16942, თარიღი—დაახლოებით 1032 წელი) წარწერებში. მხოლოდ ნიკორწმინდის ხატის წარწერაში ვხედავთ მისწრაფებას იმ დეკორაციული სირთულისადმი, რომელსაც ვხვდებით ხელოვნების სხვა სფეროებში.

ამრიგად, ლაპიდარული, ფრესკული და ვერცხლზე ქედური წარწერების არსებული მასალის ფართო გადასინჯვა ამტკიცებს ზემოთყვანილ დებულებას, რომ მონოგრაფული კავშირი ცალკეულ ასოებს შორის ჩნდება არა უადრეს მე-11 საუკუნის მესამე ათწლეულისა, ხოლო მონოგრაფული დამწერლობა უფრო გვიან, ამ საუკუნის შუაში.

მონასტულობის თარიღის გამოსარკვევად საჭირო მონაცემები ქტიტორულ გამოხატულებებში უნდა ვეძიოთ. ეს გამოხატულებები, უდავოდ, მონასტულობის თანადროულია. ქტიტორების რიგი მოათავსებულია დასავლეთი აბსიდის ქვემო რეგისტრში, აბსიდის ჩრდილო კედელზე და ზემოზე, რომელიც მის გაგრძელებას შეადგენს [5]. პირველია ჰილარაწვერიანი მოხუცი გრძელ, შავ, ალბათ, საბერო ტანსაცმელში. მოხუცი მიბრუნებულია მაკუროთხველი ქრისტეს ნახევარფიგურისაკენ. მოხუცის გამოხატულებას მისდევს გამოხატულება ქაბუკისა, რომლის ტანსაცმელი გვაგონებს გიორგი ლაშას ტანსაცმელს მე-13 საუკუნის დასაწყისის ფრესკულ მხატვრობაში. შელესილობის ჩამოცივებულმა ნაჭრებმა თან ჩატანეს მონასტულობის დიდი ნაწილი, არ არის შენახული წარწერაც, რომელიც ზემო ნაპირზე იყო გავლებული. მისგან დარჩენილია მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწყვეტი, რომელშიც მკაფიოდ განიჩევა სიტყვა: „დიდი“. შემდეგ, უკვე აბსი-

დის კედელზე, სადაც კუთხესთან, ქრისტეს გამოხატულების მსგავსად, მოცემულია ღვთისმშობლის გამოხატულება, მთავისებურად გვირგვინოსანი მეფის იმპოზანტური ფიგურა საზეიმო ტანსაცმელში და გრაგნილით ხელში, რომელსაც იგი თითქოს ღვთისმშობელს მიართმევს. წარწერა ფრიზისებურად გავლებულია ფიგურათა რიგის მთელ სიგრძეზე. იგი წყდება მხოლოდ შიგადაშიგ, ფიგურების თავების გამო. წარწერიდან დარჩენილია მხოლოდ ასოების ნაწილები და ცალკეული მთლიანი ასოებიც. ტექსტის ნაშთების გარჩევაც ხერხდება. მეფის შწრაფანდელის მარჯვნივ ზევითა სტრიქონში ვკითხულობთ: „მამა გიორგი მეფისა“; მეორეში „შემომწირველი“, მესამეში: „ჯვარ მეწმლის“ (ე. ი. ჯვარ მეწამულისად). მეფის შემდეგ გამოხატულია კაცი საერო ტანისამოსში, დიადემიანი. მას მიჰყავს ბავშვი, რომლის ხელისათვის ხელი აქვს მოკიდებული ბავშვის გამოხატულებიდან დარჩენილია მხოლოდ მუქი შარავანდელის კიდე და მაჯის ფრაგმენტი. შემდეგ ინტერვალია, რომელშიც თავისუფლად მოთავსდებოდა კიდევ ერთი ფიგურა, მაგრამ მთელ მის მანძილზე კედელს შეღვსილობა მთლიანად ჩამოცლილი აქვს. ამ ინტერვალის შემდეგ გამოხატულია საწებო ტანსაცმელში ჩაცმული ქალი, რომელიც ფრონტალურად დგას.

ფანჯარა აბსიდის ცენტრში ის საზღვარია, რომლის იქით ქტიტორთა რიგი არ გადადის. როგორც აღნიშნული იყო, გრძელი, ორსტრიქონიანი, ზოგჯერ სამსტრიქონიანი წარწერა, ქტიტორთა ფიგურებს შორის ფრიზისებურად გავლებული კედელზე, ძალიან ცუდად არის შენახული. მეფის და მის შემდგომ გამოხატულ დიადემიანი კაცის შარავანდელთა შორის წარწერიდან შერჩენილია მხოლოდ სუსტი კვალი; არც ერთი ასოს აღდგენა არ ხერხდება. სამაგიეროდ, ამ მეორე პერსონაჟის შარავანდელის მარცხნივ მკაფიოდ იკითხება: „ქეაშოტი“ და შემდეგ მთელი რიგი ასოებისა, რომლებიც ვაკილებით ნაკლებ მკაფიოდ ჩანან და რომლებიც შეადგენენ სიტყვებს: „სუმბატ ქე აშოტისა“. წარწერის ამ ნაწილის მეორე სტრიქონი უიმედოდ გადარეცილია და შავი საღებავის ცალკეული ლაქები ვერა გვშველიან ასოების მოხაზულობის აღდგენაში. ქვემოთკენ, ბავშვის შარავანდელსა და კაცის ხელს შუა, ზევითა სტრიქონში ვარკვეთ: -ს „წოლი“ (-წული), ხოლო ქვემოში -ს „სბტის“ (-სუმბატის). ქალის გამოხატულების მახლობლადაა წარწერის უკეთესად შენახული ნაწილი. მასში შარავანდელის მარცხნივ მკაფიოდ იკითხება: „დედოფალი“, ხოლო ამ სიტყვის წინ—კვალი ასოებისა, რომლების გარჩევა უკვე შეუძლებელია. დედოფლის შარავანდელის მეორე მხრიდან ვკითხულობთ ზემო სტრიქონში: „შემომწირველი“; მეორე, ქვემო სტრიქონში შერჩენილ ცალკე სიტყვებიდან აზრის გამოტანა არ ხერხდება.

ფაქტიური მასალა, წარწერების მიერ წარმოდგენილი მათ ახლანდელ მდგომარეობაში, არის სახელები: „მამა გიორგი მეფისა“ და „სუმბატ ქე აშოტისა“. ვინ არის ეს მეფე, მამა მეფე გიორგისა? მოხსენებიდან, რომელიც 1941 წელს წაიკითხა პროფ. შ. ამირანაშვილმა, გამოდიოდა, რომ ეს მეფე არის აბხაზთა მეფე კონსტანტინე, მამა მეფე გიორგისა (ბემაში გამოხატული ჰაბუკისა). „ქართველ მეფეთა შემდეგ გამოსახულია სომხეთის მეფე სუმბატ ქე აშოტისა (ტუზურაკალი) ძითურთ (აშოტ ერკათით) და სომეხთა დედოფალი, გი-

ორგი აფხაზთა მეფის მეუღლე. მხატვრობა შესრულებულია სწორედ იმ დროს, როდესაც კონსტანტინე აფხაზთა მეფე განთავისუფლებულ იქნა ტყვეობიდან სუმბატის მიერ და აფხაზთა მეფეთა და სომეხთა მეფეთა შორის, ნაცვლად მტრობისა, გაიბა ნათესაური კავშირი“ [6].

ფაქტების ასეთ განმარტებას ვერ დავეთანხმებით, წარწერების შესრულების ხასიათი, ე. ი. მათი სტილი, შესაძლებლობას არ გვაძლევს ტაძრის მოხატულობა XI საუკუნეზე აღრინდელ დროს მივაკუთვნოთ. „მაშა გიორგი მეფისაი“ უნდა იყოს აფხაზეთის მეფე კონსტანტინე კი არა, არამედ ბაგრატ IV, გიორგი II-ის მამა. მოხატულობა შესრულებულია ბაგრატ IV-ის სიკვდილის, ე. ი. 1072 წლის შემდეგ, ახალგაზრდა გიორგის ტახტზე ასვლისას. დახატვა მეტესთან ერთად მისი უკვე გარდაცვალებული წინამორბედისა ქართულ კედლის მხატვრობაში არა ერთხელ გვხვდება (შეად. ვარძიის, ბეთანიის, ყინცივისი კედლის მხატვრობანი).

მამასადამე, ატენის სიონის დასავლეთი აბსიდის მოხატულობაში წარმოდგენილია მეფე ბაგრატ IV, ხოლო ჩვენ თავს ნებას ვაძლევთ დავასკვნათ, რომ დიადემიანი პერსონაჟი, გამოხატული ბაგრატ IV-ის უკან და წარწერაში წოდებული სუმბატ აშოტის ძე, არის არა სომეხეთის მეფე ბაგრატიონთა გვარიდან, არამედ ადგილობრივი მმართველი—ქართველი. სახელები „სუმბატ“ და „აშოტ“, როგორც ცნობილია, მართა სომეხთა შორის არ იყო მიღებული მე-10—11 საუკუნეებში. აქვე, ატენის სიონში, შელესილობის ქვემო ფენაზე, უფრო ძველზე, ვიდრე კედლის მხატვრობა, არის ოქროს მელნით შესრულებული წარწერა, რომელშიც მოხსენებულია მამფალი სუმბატ, ძე აშოტისი [7].

რადგანაც წარწერაში მოხსენებულია იგივე სახელები, რაც კედლის მხატვრობაში, ორივე შემთხვევაში პირები დაკავშირებულია მმართველთა კლასთან,—შეიძლება ვიფიქროთ, რომ, როგორც უფრო აღრინდელ წარწერაში, ისე გვიან მოხატულობაში, ჩვენ საქმე გვაქვს ადგილობრივი მმართველთა ერთი გვარის სხვადასხვა თაობასთან და რომ განსაზღვრულ ქრონოლოგიურ ეტაპზე ეს მმართველები მამფალებად იწოდებოდნენ.

ამრიგად, ატენის ფრესკების წარწერათა კვლევას მივყავართ დასკვნამდე, რომ ეს ფრესკები შესრულებულია 1072 წლის შემდეგ, ბაგრატ IV-ის შვილის გიორგი II-ის დროს. ეს ის დასკვნაა, რომელიც სხვა მოსაზრებათა ნიადაგზე და წარწერათა სტილის გარეშე გამოტანილია აკადემიკოსის ივანე ჯავახიშვილის მიერ, რის შედეგად საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის რუსთაველის ეპოქის გამოფენა მან დაამშვენა ორი მეფის გამოხატულების პირებით ატენის ტაძრის მოხატულობიდან და აღნიშნა ეს მეფეები როგორც ბაგრატ IV და გიორგი II.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ქართული ხელოვნების ისტორიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.3.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Материалы по Археологии Кавказа. Том. XIV, Москва 1916.
2. ძველი ქართული ენის ძეგლები 1: ხანმეტი ლექციონარი. ფოტოტიპირი რეპროდუქცია, გამოსცა და სიმფონია დაურთო აკაკი შანიძემ, თბ., 1944.
3. ძველი ქართული ენის ძეგლები, 2: ქართული ოთხთავის ორი ძველი რედაქცია სამი შატ-ბერდული ხელნაწერის მიხედვით. გამოსცა აკაკი შანიძემ, თბ., 1945.
4. Ars Georgica. I, თბილისი. 1942.
5. Le Caucase Pittoresque, dessiné d'après nature par le Prince Grégoire Gagarine. Paris, 1847, planche LVII.
6. საქ. სსრ. მეცნიერებათა აკადემიის საზოგადოებრივ მეცნიერებათა განყოფილების სამეცნიერო სესია. 1941 წლის 11—13 ივნისი, თეზისები, თბ., 1941.
7. ს ა რ ა ბ ა რ ნ ა ვ ე ლ ი. ატენის ანალი წარწერები. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის შოამბე, ტ. VII, № 1—2, თბ., 1946, გვ. 83.

პასუხისმგებელი რედაქტორი აკად. ნ. მუსხელიშვილი

ხელმოწერილია დასაბუქდად 21.8.1947

ბეჭდურ ფორმათა რაოდენობა 5

შეკვ. 517

ანაწყობის ზომა 7×11

ტირაჟი 1500

შე 12078

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, ა. წერეთლის ქ., № 7

დღეშემა „საბატონიშვილს სსრ მინერალბათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.

2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.

3. „მოამბე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), გარდა ივლის-აგვისტოს თვისა— ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 5 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ერთი წლის ყველა ნაკვეთი (სულ 10 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.

4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე. იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში, სადაც წერილს შეიძლება დაერთოს, ავტორის სურვილის მიხედვით, რეზიუმე ინგლისურ, ფრანგულ ან გერმანულ ენაზე; რეზიუმე შეიძლება შეცვლილ იქნეს თარგმანით ერთ-ერთ დასახელებულ ენაზე.

5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღმატებოდეს 8 გვერდს, ნოლო რეზიუმეს ჩათვლით—10 გვერდს. არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.

6. მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადსცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.

7. წერილები თავისი რეზიუმით და ილუსტრაციებით წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ სავსებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.

8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ფორნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, საწვლდებულოა წიგნის სრული სახელწოდებისა, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილს ბოლოში ერთვის სიის სახით; ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.

10. წერილის ტექსტისა და რეზიუმეს ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენებზე დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ჩაწერა. წარბილ თარიღება რედაქციაში შემოსვლის დღით.

11. ავტორს ეძლევა გვერდებზე შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსახილველი ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისათვის კორექტურის წარმოსადგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდა, ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 50 ამონაბეჭდი (25 ამონაბეჭდი თითოეული გამოცემიდან) და ერთი ცალი „მოამბის“ ნაკვეთისა, რომელშიც მისი წერილია მოთავსებული.

კამაქციის მისამართი: თბილისი, კიკელიძის ქ., 8.