საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე

ტომი XV, № 2

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1954

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

შინაარსი

მათემატიკა

აგროქიმია

გეოგრაფია

გეოლოგია

ტექნიკა

ექსპერიმენტული მედიცინა

ენათმეცნიერება

ხელოვნების ისტორია

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XV, № 2, 1954

მათემატიკა

ა. ჯვარშეიშვილი

ტრიგონომეტრიული მწკრივების კრებადობის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 4.11.1953)

ვთქვათ, მოცემულია რიცხვითი მიმდევრობა

$$a_1,\ a_2, \ldots,\ a_n, \ldots \qquad (1)$$

ყოველი მთელი დადებითი p-რიცხვისათვის განვსაზღვროთ რიცხვთა p-ური სხვაობა ფორმულით

$$\Delta^p(a_n) = a_{n+p} - \binom{p}{1} a_{n+p-1} + \cdots + (-1)^k \binom{p}{k} a_{n+p-k} + \cdots + (-1)^p a_n.$$

ვთქვათ, $f(x)$ ფუნქცია განსაზღვრულია $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე და ინტეგრებადია ლებეგის აზრით იმავე ინტერვალზე.

აღვნიშნოთ

$$\mathfrak{S}[f] = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

$f(x)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი.

ჩვენ ვიტყვით, რომ $f(x)$ ფუნქცია ეკუთვნის V_p კლასს, თუ მოიძებნება ისეთი დადებითი რიცხვი M, რომ ყოველი n-სათვის მართებულია უტოლობა

$$|\Delta^p(a_n)| < \frac{M}{n}, \quad |\Delta^p(b_n)| < \frac{M}{n}. \qquad (2)$$

შევნიშნოთ, რომ, თუ რიცხვთა (1) მიმდევრობა აკმაყოფილებს (2) პირობებს მოცემული p-სათვის, მაშინ იგივე პირობები შესრულდება ყოველი მთელი რიცხვისათვის $q > p$. ეს გამომდინარეობს შემდეგი ცხადი ფორმულიდან:

$$\Delta^p(a_n) = \Delta^{p-1}(a_{n+1}) - \Delta^{p-1}(a_n).$$

ამას გარდა, თუ (2) პირობები შესრულებულია მოცემული p-სათვის, მაშინ შესაძლებელია აღნიშნული პირობები არ დაკმაყოფილდეს $q < p$ რიცხვისათვის. ამგვარად, თუ

$$f(x) \in V_p,$$

მაშინ

$$f(x) \in V_{p+q},$$

ე. ი.

$$V_1 \subset V_2 \subset \cdots \subset V_p \subset \cdots$$

ცხადია, რომ ფუნქციები შემოსაზღვრული ვარიაციით ეკუთვნის V_p კლასს ყველა p-სათვის.

ვთქვათ,

$$\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}(a_n \cos nx + b_n \sin nx) \tag{3}$$

არის რაიმე ტრიგონომეტრიული მწკრივი, რომლის მიმართაც ყოველთვის ვიგულისხმებთ, რომ

$$\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{n\to\infty} b_n = 0.$$

აღვნიშნოთ $\sigma_n^\alpha(x)$-ით (3) მწკრივის (C, α) $(\alpha > 0)$ საშუალოები და $s_n(x)$-ით იმავე მწკრივის კერძო ჯამები. ცხადია, რომ ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობას:

$$\begin{aligned} s_n(x) - \sigma_n^\alpha(x) = \frac{1}{A_n^\alpha}\Bigg\{ & \sum_{k=0}^{n}(A_n^\alpha - A_{n-k}^\alpha)\, a_k \cos kx \\ & + \sum_{k=0}^{n}(A_n^\alpha - A_{n-k}^\alpha)\, b_k \sin kx \Bigg\}. \end{aligned} \tag{4}$$

ვთქვათ, $x = x_0$ წერტილზე მართებულია შემდეგი ტოლობა:

$$\lim_{n\to\infty} \sigma_n^\alpha(x_0) = s$$

თუ ყოველი n რიცხვისათვის მოიძებნება ისეთი რიცხვი $M > 0$, რომ

$$|a_n| < \frac{M}{n}, \quad |b_n| < \frac{M}{n}. \tag{5}$$

მაშინ გ. ჰარდის ცნობილი თეორემის ([1], გვ. 156) ძალით გვაქვს

$$\lim_{n\to\infty} s_n(x_0) = s.$$

იმისათვის, რომ მწკრივის შეჯამებადობიდან გამომდინარეობდეს მისი კრებადობა იმავე რიცხვისაკენ, საკმარისია დაცული იყოს შემდეგი ტოლობები:

$$\begin{aligned} & \lim_{n\to\infty} \frac{1}{A_n^\alpha} \sum_{k=0}^{n}(A_n^\alpha - A_{n-k}^\alpha)\, a_k \cos kx = 0, \\ & \lim_{n\to\infty} \frac{1}{A_n^\alpha} \sum_{k=0}^{n}(A_n^\alpha - A_{n-k}^\alpha)\, b_k \sin kx = 0. \end{aligned} \tag{6}$$

აბელის გარდაქმნის ([2], გვ. 9) რამდენიმეჯერ გამოყენებით შეიძლება დამტკიცდეს შემდეგი თეორემა, რომელიც წარმოადგენს გ. ჰარდის თეორემის განზოგადებას ტრიგონომეტრიული მწკრივებისათვის.

თეორემა 1. ვთქვათ, ტრიგონომეტრიული მწკრივი (3) თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე შეჯამებადია (C, α) $(\alpha > 0)$ მეთოდით.

თუ მოიძებნება ისეთი მთელი რიცხვი $p > 0$ და დადებითი რიცხვი M, რომ ყოველი n-სათვის შესრულებულია უტოლობა

$$|\Delta^p(a_n)| < \frac{M}{n}, \quad |\Delta^p(b_n)| < \frac{M}{n},$$

მაშინ (3) თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$-ზე კრებადია.

ცნობილია ([2], გვ. 55), რომ ლებეგის აზრით ინტეგ~ებადი $f(x)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი თითქმის ყველგან (C, α) $(\alpha > 0)$ მეთოდით შეჯამებადია $f(x)$ ფუნქციისაკენ.

უკანასკნელი შენიშვნისა და თეორემა 1 ძალით შეიძლება დამტკიცდეს

თეორემა 2. თუ $f(x)$ ფუნქცია ეკუთვნის V_p კლასს, მაშინ მისი ფურიეს მწკრივი თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე კრებადია $f(x)$ ფუნქციისაკენ.

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\alpha_{n,p} = \Delta^p(a_n), \quad \beta_{n,p} = \Delta^p(b_n)$$

და შევნიშნოთ, რომ, თუ ტრიგონომეტრიული მწკრივი (3) კრებადია თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე, მაშინ (6) ტოლობა შესრულდება თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე.

ამ შენიშვნის საფუძველზე შეიძლება დავამტკიცოთ შემდეგი თეორემა, რომელიც წარმოადგენს აკად. ა. კოლმოგოროვისა და გ. სელივერსტოვის ცნობილი თეორემის განზოგადებას [3] (იხ. აგრეთვე [2], გვ. 251).

თეორემა 3. ვთქვათ, (3) თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$-ზე შეჯამებადია (C, α) $(\alpha > 0)$ მეთოდით. თუ არსებობს ისეთი მთელი რიცხვი p, რომ მწკრივი

$$\sum_{n=2}^{\infty} [\alpha_{n,p}^2 + \beta_{n,p}^2] \lg n \tag{7}$$

კრებადია, მაშინ (3) თითქმის ყველგან კრებადია.

კერძოდ, თუ ლებეგის აზრით ინტეგრებადი $f(x)$ ფუნქციის ფურიეს კოეფიციენტები აკმაყოფილებს (7) პირობას, მაშინ მისი ფურიეს მწკრივი კრებადია თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$-ზე $f(x)$ ფუნხქციისაკენ.

ახლა განვიხილოთ (3) მწკრივის შეუღლებული მწკრივი

$$\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin nx - b_n \cos nx) \tag{8}$$

აღვნიშნოთ $\bar{\sigma}_n^{\alpha}(x)$ და $\bar{s}_n(x)$-ით შესაბამად (8) მწკრივის (C, α) $(\alpha > 0)$ საშუალოები და კერძო ჯამები.

მათი სხვაობა გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$\bar{s}_n(x) - \bar{\sigma}_n^{\alpha}(x) = \frac{1}{A^{\alpha}} \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (A_n^{\alpha} - A_{n-k}^{\alpha})\, a_k \sin kx \right.$$

$$\left. + \sum_{k=0}^{n} (A_n^{\alpha} - A_{n-k}^{\alpha})\, b_k \cos kx \right\}.$$

შეუღლებული მწკრივებისათვის სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 4. ვთქვათ, $f(x)$ ფუნქცია და მისი შეუღლებული

$$\bar{f}(x) = -\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{f(x+t) - f(x-t)}{2 \operatorname{tg} \frac{t}{2}}\, dt$$

ინტეგრებადი არიან ლებეგის აზრით $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე.

თუ $f(x)$ ეკუთვნის V_p კლასს, მაშინ $\bar{f}(x)$ ფუნქციაც ეკუთვნის V_p კლასს და მისი ფურიეს მწკრივი კრებადია თითქმის ყველგან $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე $\bar{f}(x)$ ფუნქციისაკენ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 19.11.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Харди. Расходящиеся ряды. Москва, 1951.
2. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды. Москва, 1939.
3. A. Kolmogoroff and G. Seliverstoff. Sur la convergence des séries de Fourier. C. R., 178. 1925.

მათემატიკა

თ. გეგელია

ჰილბერტის სასაზღვრო ამოცანა და სინგულარული ინტეგრალური განტოლებები ურთიერთგადამკვეთი კონტურების შემთხვევაში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 8.11.1953)

ჰილბერტის სასაზღვრო ამოცანა და სინგულარული ინტეგრალური განტოლებები კოშის გულით არაგადამკვეთი გლუვი წირების შემთხვევაში გამოკვლეულია [1, 2, 3]-ში H კლასის ფუნქციებისათვის, [4, 5, 6]-ში უწყვეტ ფუნქციათა უფრო ფართო კლასებისათვის, ვიდრე H, ხოლო [7, 8, 9]-ში L_p კლასის ფუნქციებისათვის. იგივე საკითხები ნაჭრობრივ გლუვი წირების შემთხვევაში, რომელთაც შეიძლება ჰქონდეთ საერთო წერტილების სასრული რაოდენობა, შესწავლილია [10, 11]-ში H კლასის ფუნქციებისათვის.

ამ სტატიაში ჩვენ განვიხილავთ ჰილბერტის სასაზღვრო ამოცანას და სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებებს უფრო ზოგადი წირებისათვის, ვიდრე გლუვი და ნაჭრობრივ გლუვი წირებია. ამასთან, განსახილველ წირებს, შეიძლება ჰქონდეთ გადაკვეთის წერტილების უსასრულო რაოდენობა და საერთო ბოლოები (ამ შემთხვევის განხილვაზე მიიყვანება წყვეტილკოეფიციენტებიანი სასაზღვრო ამოცანების და სინგულარულ ინტეგრალური განტოლებების ამოხსნა).

1. ვთქვათ, $L=ab$ ჟორდანის გაწრფევადი შეკრული ან გახსნილი წირია, სადაც a და b L-ის ბოლო წერტილებს აღნიშნავს (თუ L შეკრულია, მაშინ $a=b$ წერტილად მისი ნებისმიერი წერტილი შეგვიძლია ავიღოთ). დადებითი მიმართულება L-ზე ავირჩიოთ ჩვეულებისამებრ. ქვემოთ ჩვენ გავარჩევთ ერთმანეთისაგან a-ტიპისა და b-ტიპის ბოლოებს და როცა მსჯელობისათვის ამ განსხვავებას არა აქვს მნიშვნელობა, მაშინ მათ c-ტიპის წერტილებს ვუწოდებთ.

L-ს ვუწოდოთ A კლასის წირი, თუ მოიძებნება ისეთი $k>0$ რიცხვი, რომ როგორიც უნდა იყოს L-ის t_1 და t_2 წერტილები, გვექნება

$$\rho(t_1, t_2) \geqq ks(t_1, t_2),$$

სადაც $\rho(t_1, t_2)$ აღნიშნავს მანძილს t_1 და t_2 წერტილებს შორის, ხოლო $s(t_1, t_2)$—L-ის უმცირესი რკალის სიგრძეს, რომელიც t_1 და t_2 წერტილებითაა შემოსაზღვრული.

ვთქვათ, L A კლასის წირია. განვიხილოთ მისი შიგა t წერტილი და წერტილები t' და t'', სათანადოდ at და tb რკალებზე. ვთქვათ, t' და t'' უწყვეტად მიისწრაფვიან t-საკენ რაიმე წესით ისე, რომ არსებობს ზღვარი

$$\lim \frac{1}{2\pi i}\left(\lg \frac{|t'-t|}{|t''-t|} + i \arg \frac{(t'-t)}{(t''-t)}\right) = \theta(t). \qquad (1)$$

L-ს ვუწოდოთ B კლასის წირი, თუ მისი ყოველი შიგა წერტილისათვის არსებობს (1) ზღვარი. ვიგულისხმოთ გარკვეულობისათვის, რომ $\theta(t)$ შემოსაზღვრულია და $\arg(t'-t)$ და $\arg(t''-t)$ არჩეულია ისე, რომ მათი სხვაობა არის კუთხე, რომლითაც მობრუნდება $\tau - t$ ვექტორი, როცა τ გადაინაცვლებს t'-დან t''-ზე, რჩება რა მუდამ L-ის მარცხნივ. თუ ვიგულისხმებთ, რომ

$$|t'-t| = |t''-t|,$$

მაშინ თითქმის ყველა t-სათვის $\theta(t) = {}^1/_2$.

B კლასის წირები უფრო ზოგადია, ვიდრე გლუვი და ნაჭრობრივ გლუვი წირები უკუქცევის წერტილების გარეშე. მათ შეიძლება ჰქონდეთ, მაგალითად, ისეთი წერტილებიც, რომ თითოეულისათვის არსებობს წრეწირთა მიმდევრობა, ცენტრით ამ წერტილში, რომელთა რადიუსები მიისწრაფვიან ნულისაკენ და ყოველ მათგანს წირთან აქვს საერთო დადებითი ზომის სიმრავლე. B კლასის წირებს შეიძლება ჰქონდეთ ისეთი წერტილების უსასრულო რაოდენობაც, რომლებზედაც არ არსებობს არც მარცხენა და არც მარჯვენა მხებები.

2. ვთქვათ, L აღნიშნავს B კლასის გახსნილ $L_1 = a_1b_1, \ldots, L_p = a_pb_p$ და შეკრულ $L_{p+1}, \ldots, L_q$ წირების ურთიერთგადამკვეთ ერთობლიობას. წირების გადაკვეთის წერტილებს, რომლებიც არ არის სხვა გადაკვეთის წერტილების დაგროვების წერტილები, d-ტიპის წერტილები ვუწოდოთ. ვიგულისხმოთ, რომ d წერტილებს აქვთ დაგროვების წერტილთა სასრული რაოდენობა და განვიხილოთ ისინი, როგორც c წერტილები. თუ განიხილება L_i და L_j წირების გადაკვეთის წერტილი, მაშინ მას c_{ij}-ით აღვნიშნავთ, ხოლო თუ c წარმოადგენს ამ წირების საერთო ბოლო წერტილს, მაშინ მას c_{ij}-ით აღვნიშნავთ. ანალოგიური აზრით იხმარება აღნიშვნები $d_{ij\ldots k}$, $c_{ij\ldots k}$. ვთქვათ, $c', \ldots, c^n$ წარმოადგენს ყველა c ტიპის წერტილთა მიმდევრობას. L-ის ისეთ წერტილებს, რომლებიც განსხვავებულნი არიან c და d ტიპის წერტილებისაგან, ζ-წერტილები ვუწოდოთ. ვიგულისხმოთ სიმარტივისათვის, რომ ყოველი $d_{ij\ldots k}$ წერტილის მახლობლობაში L_ν ძევს L_μ-ს ერთ მხარეს ($\nu, \mu = i, j, \ldots, k$). ქვემოთ L-ის ქვეშ ასეთ წირებს ვიგულისხმებთ.

განვიხილოთ რომელიმე $d_{ij\ldots k}$ წერტილი და შემოვწეროთ ამ წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, წრეწირი იმდენად მცირე რადიუსით, რომ იგი, გარდა $d_{ij\ldots k}$ წერტილისა, თავის შიგნით არ შეიცავდეს არც ერთ d-წერტილს და ჰკვეთდეს $a_\nu d$ და db_ν რკალებს ($\nu = i, j, \ldots, k$). განვიხილოთ ამ წრეწირისა და L-ის რკალებით შემოსაზღვრული მარტივად ბმული არეები, რომელთა საზღვარზე $d_{ij\ldots k}$ ძევს.

აღვნიშნოთ $D_\nu^+(d_{ij\ldots k})$-თი [$D_\nu^-(d_{ij\ldots k})$-თი] იმ არეების ჯამი, რომლებიც მარცხნიდან (მარჯვნიდან) ეკვრიან L_ν-ს ($\nu = i, j, \ldots, k$). თუ მნიშვნელობა არა აქვს რომელი ინდექსები განიხილება, მაშინ ვიხმართ $D_\nu^+(d)$ [$D_\nu^-(d)$] ან

$D^+(d)$ $[D^-(d)]$ აღნიშვნებს. სრულიად ანალოგიურად შეგვიძლია მოვიქცეთ ζ-წერტილებისათვისაც.

ვთქვათ, ახლა ყოველ L_i-ზე განსაზღვრულია H კლასის $\varphi_i(t)$ ფუნქცია. აღვნიშნოთ $\varphi(t)$-თი ფუნცქია, განსაზღვრული ფორმულით $\varphi(t) = \varphi_i(t)$, $t \in L_i (i = 1, 2, \ldots, q)$. მაშასადამე, $\varphi(t)$ განსაზღვრულია L-ის ζ-წერტილებზე, მაგრამ განუზღვრელია, საზოგადოდ, c და d-წერტილებზე, რომლებზედაც ღებულობს სრულიად გარკვეულ მნიშვნელობას (მაგალითად, $\varphi_i(c)$-ს ან $\varphi_i(d)$-ს), როცა c ან d განიხილება როგორც რომელიმე L_i წირის წერტილი. ვუწოდოთ ასეთ $\varphi(t)$-ს H კლასის ფუნქცია L-ზე. სრულიად ანალოგიურად განიმარტება H^* კლასის (იხ. [1]) ფუნქციები L-ზე.

ვთქვათ, $\Phi(z)$ $D_\nu^+(d)$-ში $[D_\nu^-(d)$-ში$]$ განსაზღვრული უწყვეტი ფუნქციაა. ვიტყვით, რომ $\Phi(z)$ უწყვეტად გაგრძელებადია d-ზე $D_\nu^+(d)$-დან $[D_\nu^-(d)$-დან$]$, თუ არსებობს $\Phi(z)$-ის ზღვარი, როცა $z \to d$, $z \in D_\nu^+(d)$ $[D_\nu^-(d)]$ და სასაზღვრო მნიშვნელობას აღვნიშნავთ $\Phi_\nu^+(d)$-თი $[\Phi_\nu^-(d)$-თი$]$ ან $\Phi^+(d)$-თი $[\Phi^-(d)$-თი$]$. თუ $\Phi(z)$ განსაზღვრულია $D_i^+(d) + D_j^+(d) + \cdots + D_k^-(d)$ სიმრავლეზე და უწყვეტად გაგრძელებადია d-ზე ყოველ $D_\nu^+(d)$-დან და $D_\nu^-(d)$-დან $(\nu = i, j, \ldots, k)$, მაშინ მას ვუწოდებთ უწყვეტად გაგრძელებადს d-ზე. ანალოგიურად განიმარტება უწყვეტად გაგრძელება ζ-წერტილებზე.

$\Phi(z)$-ს ვუწოდოთ ნაჭრობრივ ჰოლომორფული, თუ იგი ჰოლომორფულია სიბრტყის ყოველ სასრულ ნიწილზე, რომელიც L-ის წერტილებს არ შეიცავს, აქვს სასრული რიგი უსასრულეთში, უწყვეტად გაგრძელებადია L-ის ყოველ ζ და d წერტილზე, ხოლო c—წერტილების მახლობლობაში

$$\Phi(z) \leqq k/|z - c|^\alpha,$$

სადაც $k > 0$ და $\alpha < 1$ მუდმივებია.

3. ვთქვათ, $\varphi(t)$ L-ზე განსაზღვრული H კლასის ფუნქციაა. განვიხილოთ $L_i = a_i b_i$ წირის ნებისმიერი შიგა t—წერტილი და წერტილები t', t'', არჩეულნი ისე, როგორც (1)-ში. რკალი $t't''$ აღვნიშნოთ σ-თი. განვმარტოთ სინგულარული ინტეგრალი L_i-ზე ფორმულით

$$\int\limits_{L_j} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t}\, d\tau = \lim_{\sigma \to 0} \int\limits_{L_j - \sigma} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t}\, d\tau, \tag{2}$$

ხოლო L-ზე—ფორმულით

$$\int\limits_{L} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t}\, d\tau = \sum_{i=1}^{q} \int\limits_{L_i} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t}\, d\tau. \tag{3}$$

დამტკიცებულია შემდეგი თეორემები (შეად. [1—3], [10—12]).

თეორემა 1. თუ $\varphi(t) \in H$ L-ზე, მაშინ არსებობს (3) სინგულარული ინტეგრალი L-ის ყოველი შიგა წერტილისათვის.

თეორემა 2. თუ $\varphi(t) \in H^*$ L-ზე, მაშინ ფუნქცია $\psi(t)$, განსაზღვრული ყოველ L_ν-ზე ფორმულით

$$\psi(t) = \frac{1}{2\pi i}\int\limits_{L_\nu} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t}\, d\tau - \theta(t)\varphi(t),$$

$$(\nu = 1, \ldots, q)$$

H^* კლასის ფუნქციაა L-ზე.

თეორემა 3. თუ $\varphi(t) \in H^*$ L-ზე, მაშინ ინტეგრალი

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i}\int\limits_{L} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - z}\, d\tau$$

ნაწილობრივ ჰოლომორფული ფუნქციაა და სასაზღვრო მნიშვნელობები მოიცემა ფორმულებით

$$\Phi_\nu^+(t) = \frac{1}{2\pi i}\int\limits_{L} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t}\, d\tau - \sum_{\mu}\left[\theta_\mu(t) - \delta_\mu^+(t)\right]\varphi_\mu(t),$$

$$\Phi_\nu^-(t) = \frac{1}{2\pi i}\int\limits_{L} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t}\, d\tau - \sum_{\mu}\left[\theta_\mu(t) - \delta_\mu^-(t)\right]\varphi_\mu(t),$$

სადაც

$$\delta_\mu^+(t)\,[\delta_\mu^-(t)] = \begin{cases} 1, & \text{თუ } D_\mu^+(t)\,[D_\mu^-(t)] \text{ ძევს } L_\nu\text{-ს მარცხნივ}, \\ 0, & \text{თუ } D_\mu^+(t)\,[D_\mu^-(t)] \text{ ძევს } L_\nu\text{-ს მარჯვნივ}, \end{cases} \qquad (4)$$

და შეჯამება ხდება $i, j, \ldots, k$ ინდექსების მიმართ, თუ $t = d_{ij\ldots k}$, ხოლო თუ $t = \zeta \in L_\nu$, მაშინ მარჯვნივ მდგომ ჯამებში ν-ს შესაბამისი მხოლოდ თითო წევრი დარჩება.

თეორემა 4. თუ $\varphi(t) \in H$ L-ზე, მაშინ $c = c_{ij\ldots k}$ წერტილის მახლობლობაში

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i}\sum_{\nu}(-1)^{\delta_\nu}\varphi_\nu(c)\lg(z - c) + \Phi_0(z),$$

სადაც შეჯამება ხდება $i, j, \ldots k$ ინდექსების მიმართ; $\varphi_\nu(c)$ აღნიშნავს $\varphi(t)$-ს მნიშვნელობას c-ზე, როცა c განიხილება როგორც L_ν-ს წერტილი; $\delta_\nu = 1$, თუ $c = a_\nu$, და $\delta_\nu = 0$, თუ $c = b_\nu$; $\Phi_0(z)$ შემოსაზღვრული ფუნქციაა c-ს მახლობლად და არსებობს მისი ზღვარი, როცა $z \to c$ ნებისმიერი გზით; $\lg(z - c)$-ს ქვეშ იგულისხმება ნებისმიერი შტო, ცალსახა c-ს მახლობლად L_ν წირის გასწვრივ გაჭრილ სიბრტყეზე.

4. ვთქვათ, $G(t)$ და $g(t)$ L-ზე განსაზღვრული H კლასის ფუნქციებია, ამასთან $G(t) \neq 0$ L-ზე. განვიხილოთ ჰილბერტის სასაზღვრო ამოცანა:

ვიპოვოთ ნაწილობრივ ჰოლომორფული $\Phi(z)$ ფუნქცია შემდეგი სასაზღვრო პირობებით:

$$\Phi^+(\zeta) = G(\zeta)\,\Phi^-(\zeta) + g(\zeta), \qquad (5)$$

$$\Phi_\nu^+(d) = G_\nu(d)\,\Phi_\nu^-(d) + g_\nu(d) \quad (d = d_{ij\ldots k},\ \nu = i, j, \ldots k).$$

შემოვიღოთ შემდეგი განსაზღვრები (იხ. [1], [11]). $c^{\mu}=c_{ij\ldots k}$-ს ვუწოდოთ განსაკუთრებული ბოლო, თუ

$$\alpha_{\mu}=\mathrm{Re}\left\{\frac{1}{2\pi i}\sum_{\nu}(-1)^{\delta\nu}\lg G_{\nu}(c^{\mu})\right\}$$

მთელი რიცხვია, ხოლო არაგანსაკუთრებული ბოლო წინააღმდეგ შემთხვევაში. ვთქვათ, $c',\ldots,c^{r}$ არაგანსაკუთრებული ბოლოებია, ხოლო $c^{r+1},\ldots,c^{n}$ — განსაკუთრებული. (5)-ის ან მისი შესაბამისი ერთგვაროვანი ამოცანის ამოხსნას, რომელიც შემოსაზღვრულია $c',\ldots,c^{k}$ $(k\leqq r)$ ბოლოებზე, ვუწოდოთ $h(c',\ldots,c^{k})$ კლასის ამოხსნა.

ვთქვათ, $\varkappa'_{\mu}$ და $\varkappa_{\mu}$ მთელი რიცხვებია, განსაზღვრული ცალსახად უტოლობებიდან:

$$0<\alpha_{\mu}-\varkappa_{\mu}<1\quad(\mu=1,\ldots,k),$$

$$\alpha_{\mu}-\varkappa_{\mu}=0\;(\mu=r+1,\ldots,n),\quad -1<\alpha_{\mu}-\varkappa_{\mu}<0\;(\mu=k+1,\ldots,r),$$

$$\varkappa'_{\mu}=\frac{1}{2\pi i}[\lg G(t)]_{L_{\mu}},\quad(\mu=p+1,\ldots,q),$$

სადაც $[\;]_{L_{\nu}}$ აღნიშნავს ფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულების ნამატს, როცა t ერთხელ შემოუვლის L_{ν}-ს დადებითი მიმართულებით.

$\varkappa$-ს, განსაზღვრულს ტოლობიდან

$$\varkappa=\sum_{\mu=1}^{n}\varkappa_{\mu}+\sum_{\mu=p+1}^{q}\varkappa'_{\mu},$$

$h(c',\ldots,c^{k})$ კლასის ინდექსი ეწოდება.

განვიხილოთ ფუნქცია

$$\chi(z)=\prod_{\mu=1}^{n}(z-c^{\mu})^{-\varkappa_{\mu}}\prod_{\nu=1}^{p}\exp\Gamma_{\nu}(z)\prod_{\nu=p+1}^{q}\Phi_{\nu}(z),$$

სადაც

$$\Phi_{\nu}(z)=\exp\Gamma_{\nu}(z)\;(z\in S_{\nu}^{+}),\;=(z-z_{\nu})^{-\varkappa'_{\nu}}\exp\Gamma_{\nu}(z)\;\;(z\in S_{\nu}^{-}),$$

$S_{\nu}^{+}(\nu=p+1,\ldots,q)$ აღნიშნავს სასრულ არეს, რომელიც შემოსაზღვრულია L_{ν} წირით, ხოლო S_{ν}^{-} აღნიშნავს $L_{\nu}+S_{\nu}^{+}$-ის დამატებას მთელ კომპლექსურ სიბრტყემდე; $z_{\nu}\in S_{\nu}^{+}$, $z_{\nu}\overline{\in}L$;

$$\Gamma_{\nu}(z)=\frac{1}{2\pi i}\int\limits_{L_{\nu}}\frac{\lg\left[(\tau-z_{\nu})^{-\varkappa'_{\nu}}G(\tau)\right]}{\tau-z}d\tau\;(\nu>p),\;=\frac{1}{2\pi i}\int\limits_{L_{\nu}}\frac{\lg G(\tau)}{\tau-z}d\tau\;(\nu\leqq p).$$

$\chi(z)$ წარმოადგენს (5)-ის შესაბამისი ერთგვაროვანი ამოცანის $h(c',\ldots,c^{k})$ კლასის ერთ-ერთ ამოხსნას. $\chi(z)$-ს ეწოდება [1] (5) ამოცანის $h(c',\ldots,c^{k})$ კლასის კანონიკური ფუნქცია. ადვილი დასამტკიცებელია, რომ (5)-ის $h(c',\ldots,c^{k})$ კლასის ზოგადი ამოხსნა მოიცემა ფორმულით

$$\Phi(z) = \frac{\chi(z)}{2\pi i}\int\limits_L \frac{f(\tau)\,d\tau}{\chi^+(\tau)(\tau - z)} + \chi(z)\,p(z),$$

სადაც $p(z)$ ნებისმიერი პოლინომია.

5. ვთქვათ, $\beta(t)$ და $f(t)$ L-ზე განსაზღვრული H კლასის ფუნქციებია, ამასთან $\beta(t) \neq 1$. ვუწოდოთ ξ წერტილები L-ის ისეთ ζ წერტილებს, სადაც

$$\theta(\xi) = \frac{1}{2}.$$

განვიხილოთ ინტეგრალური განტოლება

$$M\varphi \equiv \left[1 - \frac{\beta(\xi)}{2}\right]\varphi(\xi) + \frac{\beta(\xi)}{2\pi i}\int\limits_L \frac{\varphi(\tau)}{\tau - \xi}\,d\tau = f(\xi), \tag{6}$$

სადაც $\varphi(\tau)$ საძიებელი ფუნქციაა და სინგულარული ინტეგრალი განსაზღვრულია (2), (3) ფორმულებით.

(6) სახე შეიძლება მიეცეს შემდეგ განტოლებას

$$a(\xi)\,\varphi(\xi) + \frac{b(\xi)}{\pi i}\int\limits_L \frac{\varphi(\tau)}{\tau - \xi}\,d\tau = \psi(\xi),$$

სადაც

$$a(t),\ b(t),\ \psi(t) \in H \ \ L\text{-ზე}$$

და

$$a^2(t) - b^2(t) \neq 0 \ \ L\text{-ზე}.$$

(6)-ის ამოხსნა ვუწოდოთ L-ზე განსაზღვრულ H^* კლასის ისეთ ფუნქციას, რომელიც ξ—წერტილებზე აკმაყოფილებს (6)-ს.

(6)-ის ამოხსნის საკითხი მარტივად მიიყვანება შემდეგ ამოცანამდე: ვიპოვოთ ნაჭრობრივ ჰოლომორფული $\Phi(z)$ ფუნქცია, რომელიც ნული ხდება უსასრულეთში და აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს

$$\Phi^+(\zeta) = [1 - \beta(\zeta)]\,\Phi^-(\zeta) + f(\zeta), \tag{7}$$

$$\Phi_\nu^+(d) = [1 - \beta_\nu(d)]\,\Phi_\nu^-(d) + f_\nu(d) \quad (d = d_{ij\ldots k},\ \nu = i,\ j\ \ldots k).$$

ვთქვათ, $c', \ldots, c^r$ ამ ამოცანის არაგანსაკუთრებული ბოლოებია, ხოლო $c^{r+1}, \ldots, c^n$ განსაკუთრებული ბოლოები. აღვნიშნოთ $\varkappa$-თი $h(c', \ldots, c^k)$ კლასის ინდექსი და $\chi(z)$-ით (7) ამოცანის $h(c', \ldots, c^k)$ კლასის კანონიკური ფუნქცია. (6)-ის ამოხსნას, რომელიც $c', \ldots, c^k$ ბოლოებზე შემოსაზღვრულია, ვუწოდოთ $h(c', \ldots, c^k)$ კლასის ამოხსნა.

§ 4-ის დახმარებით შეიძლება დამტკიცდეს შემდეგი თეორემა.

თეორემა 5. თუ $\varkappa \geqq 0$, მაშინ (6) განტოლებას აქვს $h(c', \ldots, c^k)$ კლასის ამოხსნები, რომლებიც მოიცემა ფორმულებით

$$\varphi(\zeta) = \frac{\chi^+(\zeta) - \chi^-(\zeta)}{2\pi i} \int\limits_L \frac{f(\tau)\, d\tau}{\chi^+(\tau)(\tau - \zeta)} + \left[\frac{\chi^-(\zeta) + \chi^+(\zeta)}{\chi^+(\zeta)}\, \theta(\zeta) + 1\right] f(\zeta)$$
$$+ [\chi^+(\zeta) - \chi^-(\zeta)]\, p_{\varkappa-1}(\zeta), \tag{8}$$

$$\varphi_\nu(d) = \frac{\chi_\nu^+(d) - \chi_\nu^-(d)}{2\pi i} \int\limits_L \frac{f(\tau)\, d\tau}{\chi^+(\tau)(\tau - d)} + [\chi_\nu^+(d) - \chi_\nu^-(d)]$$
$$\times \sum_\mu \frac{f_\mu(d)\, \theta_\mu(d)}{\chi_\mu^+(d)} + \sum_\mu [\chi_\nu^+(d)\, \delta_\mu^+(d) - \chi_\nu^-(d)\, \delta_\mu^-(d)] \frac{f_\mu(d)}{\chi_\mu^+(d)}$$
$$+ [\chi_\nu^+(d) - \chi_\nu^-(d)]\, p_{\varkappa-1}(d),$$

სადაც $d = d_{ij\ldots k}$; შეჯამება ხდება $i, j, \ldots k$ ინდექსების მიმართ; $\nu = i, j \ldots k$; $\delta_\mu^+(d)$ და $\delta_\mu^-(d)$ განსაზღვრულია (4) ფორმულით და $p_{\varkappa-1}(z)$ არის პოლინომი, რომლის ხარისხი არ აღემატება $(\varkappa-1)$-ს. თუ $\varkappa < 0$, მაშინ (6)-ს აქვს $h(c', \ldots, c^k)$ კლასის ამოხსნა მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა

$$\int\limits_L \frac{\tau^\nu f(\tau)}{\chi^+(\tau)}\, d\tau = 0, \quad \nu = 0, 1, \ldots, (-\varkappa-1).$$

უკანასკნელ ტოლობათა შესრულების შემთხვევაში (6)-ის ამოხსნა მოიცემა კვლავ (8) ფორმულით, სადაც

$$p_{\varkappa-1}(t) \equiv 0.$$

განვიხილოთ ახლა ინტეგრალური განტოლება

$$M'\varphi \equiv \left[1 - \frac{\beta(\xi)}{2}\right] \varphi(\xi) - \frac{1}{2\pi i} \int\limits_L \frac{\beta(\tau)\, \varphi(\tau)}{\tau - \xi}\, d\tau = g(\xi), \tag{9}$$

სადაც $g(t)$ L-ზე განსაზღვრული H კლასის ფუნქციაა და სინგულარული ინტეგრალი განმარტებულია (2) და (3) ტოლობებით. შეიძლება აგებულ იქნეს ცხადი სახით ამ განტოლების ამოხსნაც.

(6) და (9) განტოლებების დახმარებით შეიძლება შესწავლილ იქნეს უფრო ზოგადი სინგულარული ინტეგრალური განტოლებები.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 8.11.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. Москва, 1946.
2. В. Д. Купрадзе. Граничные задачи теории колебаний и интегральные уравнения. Москва, 1950.
3. В. Д. Купрадзе. Некоторые новые замечания к теории сингулярных интегральных уравнений. Труды ТГУ им. Сталина, 42, 1951.

4. Л. Г. Магнарадзе. Об одном обобщении теоремы Племеля—Привалова. Сообщения АН Груз. ССР, т. VIII, № 8, 1947, стр. 509—516.
5. Л. Г. Магнарадзе. Об одной линейной граничной задаче Римана—Гильберта. Сообщения АН Груз. ССР, т. VIII, № 9—10, 1947, стр. 583—588.
6. Л. Г. Магнарадзе. Об одном обобщении теоремы И. И. Привалова и его применения к некоторым линейным граничным задачам теории функций и к сингулярным интегральным уравнениям. ДАН СССР, т. LXVIII, № 4, 1949, стр. 657—660.
7. С. Г. Михлин. Сингулярные интегральные уравнения. УМН т. III, выпуск 3(25), 1948, стр. 29—112.
8. Б. В. Хведелидзе. Некоторые свойства особых интегралов в смысле главного значения Коши—Лебега. Сообщения АН Груз. ССР, т. VIII, № 5, 1947, стр. 283—290.
9. Б. В. Хведелидзе. Сингулярные интегральные уравнения в особых интегралах Коши—Лебега. Сообщения АН Груз. ССР, т. VIII, № 7, 1947, стр. 427—434.
10. W. J. Trjitzinsky. Singular integral equations with Cauchy kernels. Transactions of the American Mathematical Society, vol. 60, № 2, 1946, p. 167—214.
11. Д. А. Квеселава. Граничная задача Гильберта и сингулярные интегральные уравнения в случае пересекающихся контуров. Труды Тбилисского Мат. Института им. А. М. Размадзе, т. XVII, 1949, стр. 1—26.
12. И. И. Привалов. Граничные свойства аналитических функций. Москва, 1950.

აგროქიმია

ი. ნაკაიძე

მინერალური სასუქების ფენობრივად შეტანის გავლენა სიმინდის მოსავალზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ლომოურმა 15.10.1953)

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის XIX ყრილობამ აღნიშნა, რომ ამჟამად სოფლის მეურნეობის დარგში მთავარი ამოცანაა ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლიანობის გადიდება. პარტიის XIX ყრილობის დირექტივებში დასახულია ღონისძიებანი მარცვლეულისა და, კერძოდ, სიმინდის მოსავლიანობის შემდგომი გადიდებისათვის.

მოსავლიანობის გადიდების ღონისძიებათა შორის ერთ-ერთი წამყვანი მნიშვნელობა ენიჭება ორგანული და მინერალური სასუქების ფართოდ გამოყენებას, რადგან მრავალი ცდით [3,4,5,6,7,8] დადგენილია, რომ სასუქები მკვეთრად ადიდებენ სიმინდის მოსავალს.

საბჭოთა კავშირის ქიმიური მრეწველობა დიდი რაოდენობით აწვდის სოფლის მეურნეობას მინერალურ სასუქებს. მეოთხე ხუთწლედის ბოლოს შესაძლებელი გახდა მინერალური სასუქები გამოგვეყენებინა არა მარტო ტექნიკური კულტურების, არამედ აგრეთვე ხორბლის ნათესების გასანოყიერებლად.

პარტიის XIX ყრილობის დირექტივებით მეხუთე ხუთწლედში გათვალისწინებულია სასუქების წარმოების 88%-ით გადიდება. ამჟამად მეცნიერების გადაუდებელ ამოცანას წარმოადგენს სასუქების გამოყენების ისეთი რაციონალური წესების გამომუშავება, რომლებიც უზრუნველყოფენ სასუქების მაღალ ეფექტიანობას.

უნდა აღინიშნოს, რომ სასუქების გამოყენების დღემდე გავრცელებული წესი—სასუქების მობნევით შეტანა მთელ ფართობზე—ვერ უზრუნველყოფს სასუქების გამოყენების მაღალ კოეფიციენტს. ამ წესით შეტანილი ფოსფორიანი სასუქების გამოყენების კოეფიციენტი ჩვეულებრივ 15—20%-ს უდრის და იშვიათად აღემატება 30%-ს. აზოტიანი სასუქებისათვის გამოყენების კოეფიციენტი 50—60%-ს აღწევს, ხოლო კალიუმიანი სასუქებისათვის 40—50%-ს არ აღემატება.

აკად. ტ. ლ ი ს ე ნ კ ო [2] ვ. ლენინის სახელობის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიის საიუბილეო სესიაზე საგანგებოდ შეჩერდა ამ საკითხზე. ის აღნიშნავდა: „თუ ყოველი 100 კგ ფოსფორიდან, რომელიც შეიტანება სასუქებთან ერთად ნიადაგში, მცენარის მიერ გამოიყენება 25—30 კგ, ეს აგროქიმიურ მეცნიერებაში სუპერფოსფატის ფოსფორის გამოყენების ძალზე კარგ კოეფი-

ციენტად ითვლება, ჩვეულებრივ კი ე. წ. გამოყენების კოეფიციენტი ნიადაგში შეტანილი სუპერფოსფატისა 15—20%-ს შეადგენს".

გამოყენების ასეთი დაბალი კოეფიციენტი მიუღებელია სოფლის მეურნეობის პრაქტიკისათვის.

სასუქების გამოყენების კოეფიციენტის გადიდების ღონისძიებებს მიეკუთვნება თესლბრუნვისა და განსაკუთრებით ბალახმინდვროვანი თესლბრუნვების დანერგვა, მარცვლისებური სასუქების გამოყენება, სასუქების გამოყენება გამოკვების სახით, მინერალური და ორგანული სასუქების ერთობლივ შეტანა და, რაც მთავარია, სასუქების შეტანის ტექნიკის გაუმჯობესება.

ამჟამად დადგენილად უნდა ჩაითვალოს ის ფაქტი, რომ ფოსფორიანი სასუქის მწკრივული შეტანა სამჯერ და მეტჯერაც ზრდის მინდვრის კულტურების მოსავლიანობას სასუქების მობნევის წესით შეტანასთან შედარებით.

ვ. ვ ი ლ ი ა მ ს ი [1] აღნიშნავს, რომ მინერალური სასუქებით უნდა გავანოყიეროთ მცენარე (გამოკვება) და არა ნიადაგი. მოწინავე აგრობიოლოგიური მეცნიერება სასუქების გამოყენებას განიხილავს როგორც მცენარის კვების საშუალებას, უპირისპირებს რა მას ძველ ცნებას ნიადაგის განოყიერების შესახებ.

უკანასკნელ წლებში ჩატარებული ცდების მონაცემები ნათლად მოწმობს, რომ ვილიამსის ცნობილი დებულების განხორციელების საკითხში (გავანოყიეროთ მცენარე და არა ნიადაგი) წამყვანი როლი მიეკუთვნება სასუქების შეტანის ტექნიკის გაუმჯობესებას, სახელდობრ, სასუქების შეტანას კერების სახით, ე. ი. ადგილობრივ შეტანას მწკრივში, ბუდნებსა და კვლებში შეუძლია სასუქების ეფექტი 2—3 ჯერ და მეტჯერაც გაზარდოს.

უკანასკნელი 10—12 წლის განმავლობაში საბჭოთა კავშირის სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებში მინდვრის კულტურებზე ჩატარებული ცდები ნათლად გვიჩვენებს, რომ სასუქების ეფექტი საგრძნობლად იზრდება იმ შემთხვევაში, თუ სასუქები არ იქნება არეული მთელ სახნავ ფენთან, არამედ განაწილდება ნიადაგში ფენობრივად—ორ ფენად. თესვის დროს სასუქების მწკრივში თესლთან ერთად შეტანა მცენარის დამატებით კვებას წარმოადგენს ზრდის დაწყების ფაზაში, ხოლო ნიადაგის ღრმა ფენებში ძირითადი დამუშავებისას შეტანილი სასუქები შედარებით უფრო გვიან მოქმედებენ და მცენარის კვების ძირითად წყაროს წარმოადგენენ ზრდის უფრო გვიან ფაზებში. სწორედ ამით აიხსნება სასუქების ფენობრივად—ორ ფენად შეტანის უფრო მაღალი ეფექტი ერთ ფენად შეტანასთან შედარებით.

პროფ. პ. ნ ა ი დ ი ნ ი [9] საბჭოთა კავშირის სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებში ჩატარებული უამრავი გამოკვლევის დაჯამების საფუძველზე ასკვნის, რომ სასუქების ფენობრივად—ორ ფენად—შეტანა მცენარის კვების გაუმჯობესების ახალ და მეტად ეფექტიან ღონისძიებას წარმოადგენს.

ჩვენი გამოკვლევის ამოცანას შეადგენდა შეგვესწავლა მინერალური სასუქების ფენობრივად—ორ ფენად—შეტანის ეფექტი სიმინდის კულტურაზე დასავლეთ საქართველოს ეწერი ტიპის ნიადაგის პირობებში. ცდები ტარდე-

ზოდა 1951—1952 წლებში სამტრედიის რაიონის სოფ. ეწერის კოლმეურნეობის ტერიტორიაზე.

ცდებს ვაწარმოებდით სუსტად გაეწერებულ ნიადაგზე, ორივე წელს ერთსა და იმავე ტერიტორიაზე, ამიტომ საცდელი ნაკვეთის აგროქიმიური დახასიათებისათვის მოვიყვანთ მხოლოდ 1951 წელს ჩატარებული ანალიზების მონაცემებს (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

საცდელი ნაკვეთის აგროქიმიური დახასიათება (1951 წ.)

ნიმუშების აღების სიღრმე სმ-ით	QH წყლის გამონაწურში	QH KCl-ის გამონაწურში	გაცვლითი მჟავიანობა 100 გრ. ნიადაგში მილ. ეკ-ით	ჰიდროლიზური მჟავიანობა 100 გრ. ნიადაგში მილ. ეკ-ით	საერთო ჰუმუსი ტიურინის მიხედვით %-ით	საერთო აზოტი კიელდალის მეთოდით %-ით	საერთო P_2O_5 ლორენცით %-ით
0—20	6,5	5,7	არ არის	0,81	1,95	0,29	0,17
20—40	6,5	5,7	არ არის	0,85	0,95	0,14	0,10

პირველი ცხრილის მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ საცდელი ნაკვეთის ნიადაგი სუსტად გაეწრებულია. საკვები ელემენტების (აზოტისა და ფოსფორის) შემცველობის თვალსაზრისით ეს ნიადაგი ძალზე ღარიბია, მცირეა საერთო ჰუმუსის რაოდენობაც.

1951 წელს ცდები დაყენებულ იქნა 100 კვ. მეტრიან დანაყოფებზე ოთხი განმეორებით. საცდელი ნაკვეთი მოიხნა 20 თებერვალს, დაიფარცხა 9 აპრილს, აიოშა და ხელმეორედ დაიფარცხა 25 აპრილს, სასუქები შეტანილ იქნა 27 აპრილს. სიმინდი „აბაშის ყვითელი" დაითესა 28 აპრილს. სიმინდი სამჯერ გაითოხნა. მინერალური სასუქებიდან ცდებში გამოყენებულ იქნა გოგირდმჟავა ამონიუმი (20%), სუპერფოსფატი (18%) და კალიუმქლორი (52%). სასუქების ფენობრივი შეტანა შემდეგი წესით წარმოებდა: მწკრივში, სადაც ითესებოდა სიმინდი, გუთნით გაგვყავდა კვალი 15—18 სანტიმეტრის სიღრმეზე და კვალში შეგვქონდა იმდენი სასუქი, რამდენიც სქემით იყო განკუთვნილი. შემდეგ კვალში თოხით იყრებოდა დაახლოებით 8—10 სმ ფენის ნიადაგი და სასუქი შეგვქონდა მეორე ფენად; შემდეგი კი ამავე კვალში ითესებოდა სიმინდი მწკრივში 5—7 სმ ფენის ნიადაგის მიყრით.

მოსავალი აღირიცხა 27 სექტემბერს. ცდის შედეგები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

მე-2 ცხრილის მონაცემებიდან ნათელია, რომ სასუქების მწკრივში ორ ფენად შეტანა იწვევს სიმინდის მოსავლის საგრძნობ გადიდებას ერთ ფენად 5—7 სმ სიღრმეზე შეტანასთან შედარებით. მაგალითად, $N_{45}P_{45}K_{30}$, შეტანილი მწკრივში 5—7 სმ სიღრმეზე, იწვევს სიმინდის მოსავლის გადიდე-

ცხრილი 2

მინერალური სასუქების ფენობრივად შეტანის გავლენა სიმინდის მოსავალზე (1951 წ.)

№№ რიგზე	ცდის სქემა	მშრალი მარცვლის მოსავალი ცენტნერობით ჰექტარზე	მშრალი მარცვლის მოსავლის მატება	
			ცენტნერობით ჰექტა	%%-ით
1	უსასუქო	24,3	—	—
2	$N_{45}P_{45}K_{30}$ მწკრივში ერთ ფენად 5—7 სმ სიღრმეზე	35,95	11,65	48,0
3	$N_{22,5}P_{22,5}K_{15}$ 15—18 სმ სიღრმეზე მწკრივში $+N_{22,5}P_{22,5}K_{15}$ მწკრივში 5—7 სმ სიღრმეზე	38,24	14,14	57,3

ბას 11,65 ცენტნერით ჰექტარზე, ხოლო სასუქების ასეთივე დოზებით ორ ფენად შეტანა, სახელდობრ $N_{22,5}P_{22,5}K_{15}$ 15—18 სმ სიღრმეზე და $N_{22,5}P_{22,5}K_{15}$ მწკრივში 5—7 სმ სიღრმეზე თესლთან ერთად იძლევა მოსავლის მატებას 14,14 ცენტნერით ჰექტარზე. მაშასადამე, სასუქების ორ ფენად შეტანა ადიდებს სიმინდის მარცვლის მოსავალს 2,49 ცენტნერით ჰექტარზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ როგორც 1951 წელი, ისე 1952 წელიც სიმინდის ვეგეტაციის პერიოდში მცირე ნალექებით ხასიათდებოდა, რამაც შეამცირა საერთოდ სიმინდის მოსავლიანობა და სასუქების ეფექტიც დაბალი იყო.

1952 წელს მინერალური სასუქების ფენობრივი შეტანის ეფექტიანობაზე დაყენებული ცდის დროს შევისწავლეთ სასუქების სხვადასხვა დოზით შეტანა მობნევით, მწკრივში და ფენობრივად—ორ ფენად. ცდის მეთოდიკა, სიმინდის ჯიში, გამოყენებული სასუქები იგივე იყო, რაც 1951 წელს. ცდებზე მცენარის ვეგეტაციის პერიოდში ვაწარმოებდით ფენოლოგიურ დაკვირვებებს; აღირიცხებოდა აღმოცენების, ქეჩეჩის ამოღების, ფოჩის ამოღებისა და სიმწიფის პერიოდი. ფენოლოგიურმა დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ მინერალური სასუქების მწკრივში შეტანამ, განსაკუთრებით კი ფენობრივად—ორ ფენად—შეტანამ, სიმინდის ვეგეტაცია საშუალოდ 7—10 დღით დააჩქარა.

ცდის შედეგად მიღებული მოსავლის აღრიცხვის შედეგები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

მე-3 ცხრილის მონაცემები მოწმობს, რომ სასუქების მობნევით, მწკრივში და მწკრივში ორ ფენად შეტანის წესებიდან ყველაზე უკეთეს შედეგებს იძლევა მწკრივში ორ ფენად შეტანა. იმ შემთხვევაში კი, როცა ნიადაგის ქვედა ფენებში შეტანილ იქნა მეტი სასუქი, ხოლო მეორე ფენაში ნაკლები, სასუქის ეფექტი შემცირდა 3,3 ცენტნერით ჰექტარზე ორივე ფენაში სასუქების თანაბრად შეტანის ვარიანტებთან შედარებით. სასუქების განახევრებული ნორმით ($N_{45}P_{45}K_{30}$) შეტანამ, შეტანის სამივე წესის შემთხვევაში, გამოიწვია სიმინდის მოსავლის მკვეთრი დაცემა სასუქების სრულ ნორმებთან შედარებით.

მაგრამ იმავე მონაცემებიდან ნათელია, რომ სასუქების განახევრებული ნორმის შემთხვევაშიაც სასუქების შეტანის წესებიდან მოსავლიანობის მატე-

ბის თვალსაზრისით პირველ ადგილს იჭერს სასუქების ორ ფენად შეტანა მწკრივში, შემდეგ მოდის სასუქის ერთ ფენად შეტანა მწკრივში, უკანასკნელი ადგილი კი მიეკუთვნება სასუქების მობნევით შეტანის წესს.

ცხრილი 3

სხვადასხვა წესით შეტანილი სასუქების ეფექტი (1952 წ.)

№№ რიგზე	ცდის სქემა	მარცვლის მოსავალი ცენტნერობით ჰექტარზე	მარცვლის მოსავლის მატება	
			ც/ჰექტ.	%-ით
1	უსასუქო	8,96	—	—
2	$N_{90}P_{90}K_{60}$ მობნევით მოხვნის წინ	14,41	5,45	60,3
3	$N_{90}P_{90}K_{60}$ მწკრივში 5—7 სმ-ზე	21,30	12,42	138,6
5	$N_{45}P_{45}K_{30}$ მწკრივში 15—18 სმ-ზე +$N_{45}P_{45}K_{30}$ 5—7 სმ ზე	27,26	18,30	204,2
5	$N_{60}P_{60}K_{40}$ მწკრივში 15—18 სმ-ზე +$N_{30}P_{30}K_{20}$ მწკრივში 5—7 სმ-ზე	23,96	15,00	167,4
6	$N_{45}P_{45}K_{30}$ მობნევით მოხვნის წინ	10,96	1,96	21,8
7	$N_{45}P_{45}K_{30}$ მწკრივში 5—7 სმ-ზე	14,73	5,77	64,4
8	$N_{22,5}P_{22,5}K_{15}$ მწკრივში 15—17 სმ-ზე +$N_{22,5}P_{22,5}K_{15}$ მწკრივში 5—7 სმ-ზე . . .	16,97	8,01	89,5
9	$N_{30}P_{30}K_{20}$ მწკრივში 15—18 სმ-ზე +$N_{15}P_{15}K_{10}$ მწკრივში 5—7 სმ-ზე . . .	15,50	6,54	72,9

მე-3 ცხრილის მონაცემები აგრეთვე გვიჩვენებს, რომ როგორც სასუქების სრული ნორმის, განახევრებული ნორმის შემთხვევაშიაც, თუ სასუქების ორ ფენად შეტანისას მეტი რაოდენობა იქნება შეტანილი 15—18 სმ სიღრმეზე, ხოლო ნაკლები—5—7 სმ სიღრმეზე, სასუქის ეფექტი ეცემა სასუქების ორივე ფენაში თანაბარი დოზებით შეტანასთან შედარებით.

დასკვნები

1. სამტრედიის რაიონის სოფ. ეწრის კოლმეურნეობის სუსტად გაეწრებულ ნიადაგებზე სრული მინერალური სასუქები, შეტანილი $N_{90}P_{90}K_{60}$ რაოდენობით, უზრუნველყოფს სიმინდის მოსავლის მკვეთრად გადიდებას. სასუქების ნორმის განახევრება კი იწვევს მოსავლის საგრძნობ შემცირებას სრულ ნორმასთან შედარებით;

2. სასუქების შეტანის წესებიდან პირველ ადგილს იჭერს სასუქების ფენობრივად შეტანა მწკრივში, შემდეგ მოდის სასუქების შეტანა მწკრივში ერთ ფენად და უკანასკნელი ადგილი უკავია სასუქების მობნევით შეტანის წესს. ეს კანონზომიერება დადგენილ იქნა მინერალური სასუქების როგორც სრული ნორმების, ისე განახევრებული ნორმების შემთხვევაშიც;

3. სასუქების ორ ფენად შეტანისას უფრო მეტი ეფექტი მაშინ მიიღება, როდესაც სასუქების ნორმის ნახევარი შეგვაქვს 15—18 სმ სიღრმეზე, ხოლო მეორე ნახევარი 5—7 სმ სიღრმეზე;

4. მინერალური სასუქების როგორც ორ ფენად, ისე ჩვეულებრივი წესით მწკრივში შეტანა იწვევს სიმინდის ფენოფაზების დაჩქარებას და სიმინდის შემოსვლის დაჩქარებას 7—10 დღით საკონტროლოსა და მობნევის წესით სასუქების შეტანის ვარიანტებთან შედარებით.

საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.10.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. Р. Вильямс. Травопольная система земледелия. Москва, 1938.
2. Т. Д. Лысенко. Итоги работы Всесоюзной Академии с/х наук им. В. И. Ленина и задачи сельскохозяйственной науки. Журнал „Советская агрономия", № 9, 1949.
3. ი. ლომოური. მარცვლეული კულტურები. ნაწილი II, თბილისი, 1950.
4. შ. ჭანიშვილი. სასუქების მოქმედების ხანგრძლიობის საკითხის შესწავლისათვის დასავლეთ საქართველოს გაეწრებულ ნიადაგებზე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VII, № 4, 1949.
5. ბ. იმნაძე. მინერალური სასუქების ეფექტურობა სიმინდის კულტურის ქვეშ. აჯამეთის მემინდვრეობის საცდელი სადგურის შრომები, ტ. III, 1949.
6. Ш. Ф. Чанишвили и С. Г. Ревия. К вопросу о повышении урожайности кукурузы в Западной Грузии. „Социалистическое хозяйство Закавказья" № 5—6, 1936.
7. ბ. იმნაძე. მინერალური სასუქების გავლენა სიმინდის მოსავლიანობაზე დასავლეთ საქართველოს გაეწრებულ ნიადაგებზე. აჯამეთის მემინდვრეობის საცდელი სადგურის შრომები, ტ. III, თბილისი, 1949.
8. გ. ურუშაძე. დასავლეთ საქართველოს წითელმიწა და გაეწრებულ ნიადაგებში სასუქთა შეტანის ტექნიკის ეფექტურობა. საქ. სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის შრომები, ტ. XXXIV, 1951.
9. П. Г. Найдин. Разработки новых приемов питания растений. „Советская агрономия", № 10, 1950.

გეოგრაფია

ლ. ვლადიმიროვი და ნ. უკლება

მთის მდინარეების საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდების გამოყენების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 16.12.1953)

წყლის ობიექტის ენერგეტიკული გამოყენებისას წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა პროექტებში ძალიან ხშირად საშუალო დღეღამური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდის ნაცვლად საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდს მიმართავენ და ეს უკანასკნელი ედება საფუძვლად სიმძლავრეთა გამოანგარიშებას.

საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდის გამოყენება რეკომენდირებულია ჰიდროენერგოპროექტის ინსტრუქციით „ტემ"-ის შესახებ (1945 წ.), რომელშიც მითითებულია, რომ, თუ დასაპროექტებელი ჰიდროსადგური არარეგულირებულ ჩამონადენზე მუშაობს, მაშინ ხარჯების ხანგრძლიობის მრუდი დეკადური მონაცემების მიხედვით აიგება. ამ მრუდის სიზუსტის შესახებ ინსტრუქციაში არაფერია ნათქვამი. ამასთანავე მეტად მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ყოველივე ცალკეული შემთხვევისათვის მიახლოებითი შეცდომა მაინც, რომ დავადგინოთ უზრუნველყოფის მრუდის გამოყენების შესაძლებლობა პრაქტიკულ მუშაობაში.

ამ საკითხის განხილვის მიზნით ავტორებმა აწარმოეს სპეციალური დამუშავება მრავალწლიურ დაკვირვებათა მასალებისა საქართველოს სხვადასხვა რეჟიმის მთელ რიგ მთის მდინარეებზე და მოახდინეს შედარება წლის მანძილზე ერთი და იგივე უზრუნველყოფის მქონე საშუალო დეკადური და საშუალო დღეღამური ხარჯებისა.

100%-ანი უზრუნველყოფის ხარჯების შედარება ინტერესს მოკლებულია, რადგანაც წინასწარ შეიძლება ითქვას, რომ უმცირესი საშუალო დეკადური ხარჯი საგრძნობლად გადაიხრება უმცირესი საშუალო დღეღამური ხარჯისაგან, რაც შეეხება 65%-იან და მასზე ნაკლები ხარჯების უზრუნველყოფას, აქ საშუალო დეკადურ ხარჯებსა და საშუალო დღეღამურ ხარჯებს შორის შეფარდება მკვეთრად იზრდება უზრუნველყოფის შემცირებასთან ერთად, რადგან ეს ხარჯები შეესატყვისება წყალდიდობის პერიოდს, როდესაც ჰიდროგრაფი დიდი დანაწევრებით ხასიათდება. ამიტომ საშუალო დღეღამური ხარჯების შეცვლა იმავე უზრუნველყოფის საშუალო დეკადური ხარჯებით ამ შემთხვევაში უფრო მეტ ცდომილებამდე მიგვიყვანს, ვიდრე მაღალი უზრუნველყოფის შემთხვევის დროს.

ჩამონადენის რეჟიმს, საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდების გამოყენების თვალსაზრისით, ყველაზე უფრო სრულად ახასიათებს უზრუნველყოფის მრუდების 65%—95%-ის დიაპაზონი, რომელიც შეიცავს

ყველა პერიოდს ჩამონადენის შედარებით მდგრადი რეჟიმისას, მინიმუმის გამოკლებით. ამის გამო მოცემულ სტატიაში განხილულია წყალსამეურნეო გაანგარიშებაში საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდების 65%—95%-ის უზრუნველყოფის დიაპაზონში გამოყენების საკითხი.

პირველ ცხრილში მოცემულია საშუალო დეკადური ხარჯების შეფარდება იმავე უზრუნველყოფის საშუალო დღეღამურ ხარჯებთან. ეს მონაცემები საშუალებას გვაძლევს აღვნიშნოთ შემდეგი:

იმ მდინარეებზე, რომლებიც ჭარბად საზრდოობენ მიწისქვეშა წყლებით, ერთისა და იმავე წლიური უზრუნველყოფის საშუალო დღეღამური და საშუალო დეკადური ხარჯების წლიური შეფარდების საშუალო 1-ს (1,01—1,03) უახლოვდება, ხოლო ცალკეული წლებისათვის ეს შეფარდება 1,09-მდე ადის.

რამდენადმე უფრო მეტი გადახრა შემჩნეულია მაღალმთიანი მხარის მდინარეებზე, საშუალო შეფარდება აქ შეადგენს 0,98-დან 1,05-მდე (ნენსკრა-ლახამის გარდა), ხოლო ექსტრემალური (ცალკეული წლისათვის 65%—95% უზრუნველყოფისას) 1,30-მდე ადის.

საშუალო მთის მდინარეებისათვის, რომელნიც თოვლისა და წვიმის წყლით საზრდოობენ, საშუალო შეფარდება 1,09-ს აღწევს, უდიდესი კი—1,34-ს.

წყალმოვარდნის რეჟიმის მქონე მდინარეებზე ერთი და იგივე უზრუნველყოფის საშუალო დეკადური ხარჯები საშუალო დღეღამური ხარჯებისაგან დიდად განსხვავდება. ასეთ მდინარეებზე საშუალო შეფარდება შეადგენს დაახლოვებით 1,30-ს, ხოლო უდიდესი 1,69-მდე აღწევს.

უმეტეს შემთხვევაში საშუალო დეკადური ხარჯები აღემატება წლის მანძილზე ამავე უზრუნველყოფის მქონე საშუალო დღეღამურ ხარჯებს, მაგრამ, როგორც ეს პირველი ცხრილის უკანასკნელის წინა გრაფიდან ჩანს, ცალკეულ წლებში საშუალო დეკადური ხარჯი შეიძლება მხოლოდ 0,8—09-ს შეადგენდეს იმავე უზრუნველყოფის საშუალო დღეღამური ხარჯებისას.

ცხრ. 1-ის უკანასკნელ გრაფაში მოყვანილია საშუალო შეფარდებანი 85%—95% უზრუნველყოფისათვის. მათი სიდიდეები ნაკლებია 65%—95% უზრუნველყოფის საშუალო შეფარდებებზე, მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში დიდად არ განსხვავდება მათგან.

მთის მდინარეების საშუალო და ექსტრემალურ შეფარდებათა მნიშვნელობები სათავიდან შესართავისაკენ იზრდება აუზის საშუალო სიმაღლის შემცირებასთან ერთად, რომელიც აპირობებს მდინარის ჩამონადენში წვიმის წყლის რაოდენობის ზრდას.

თუ რიონ-გლოლას კვეთში ყოველწლიურ შეფარდებათა საშუალოები შეადგენენ 0,98—1,05-ს, რიონ-ქუთაისის კვეთთან ისინი იზრდებიან 1,06—1,12-მდე (ცხრ. 2).

მდ. ცხენისწყალზე ყოველწლიურ შეფარდებათა საშუალოები იზრდება ლუჯიდან ნაგომარისაკენ 0,98—1,04-დან 1,01—1,10-მდე.

მდ. ენგურზე ლახამულა და დიზის პუნქტებთან საშუალო შეფარდება თითქმის თანაბარია წყალშემკრები აუზების ფართობების და, განსაკუთრებით, აუზის საშუალო სიმაღლეთა მცირე განსხვავების გამო.

პირველ ცხრილში მოცემული საშუალო დეკადური და საშ. დღეღამური ხარჯების ყოველწლიურ შეფარდებათა საშუალოები წარმოადგენს ხარჯების

ცხრილი 1

საშუალოები, უდიდესი და უმცირესი შეფარდებანი საშუალო დეკადური ხარჯების საშუალო დღეღამურ ხარჯებთან ერთი და იგივე უზრუნველყოფისა წელიწადში

№№ რიგზე	მდინარეთა საზრდოობის ხასიათი	მდინარე—პუნქტი	აუზის საშუალო სიმაღლე მ-ით	უზრუნველყოფა 65%—95%: საშუალო მრავალწლ. (აქედ.-აქამდე)	უზრუნველყოფა 65%—95%: უდიდესი	უზრუნველყოფა 65%—95%: უმცირესი	უზრუნველყოფა 85%—95%: საშუალო მრავალწლ. (აქედან-აქამდე)
1	მდინარეები ძარბი მიწისქვეშა წყლებით საზრდოობის მდგრადი დებიტით	ფარავანი სალამოსთან	2440	1,01—1,03	1,09	1,94	1,01—1,03
2	მაღალმთიანი მხარის ყინვარული საზრდოობის მდინარეები	ენგური ლახამულასთან	2470	0,99—1,03	1,18	0,92	1,00—1,02
		ნენსკრა ლახამთან	2370	0,99—1,09	1,30	0,92	0,99—1,05
		რიონი გლოლასთან	2330	0,8 —1,05	1,20	0,93	0,98—1,03
		ცხენისწყალი ლუჯთან	2180	0,98—1,94	1,23	0,92	0,98—1,01
3	საშუალო მთიანი მხარის თოვლისა და წვიმის წყლით საზრდოობის მდინარეები	ლაჯანური ალპანასთან	1550	1,05—1,09	1,34	0,95	1,05—1,07
4	საშუალო მთიანი მხარის წვიმის წყლით საზრდოობისა და წყალმოვარდნის რეჟიმის მქონე მდინარეები	ალ.მ. ოგუმისტა დერეკოსთან	1495	1,05—1,17	1,34	0,82	1,05—1,07
		დას. გუმისტა ჰიდროსადგურთან	1055	1,13—1,23	1,69	0,83	1,15—1,19
		სუფსა—წვერმაღალასთან	1100	1,19—1,30	1,49	0,98	1,19—1,30
		ნატანები ნატანებთან	985	1,12—1,23	1,48	0,83	1,12—1,23

ფარდობას, ჩამოღებულს შესატყვის საშუალო უზრუნველყოფათა მრუდებიდან, ხოლო ექსტრემალური შეფარდებანი კი წარმოადგენენ ცალკეული კონკრეტული წლისათვის საშუალო დეკადური და საშუალო დღეღამური უზრუნველყოფის მრუდიდან ჩამოღებული ხარჯების შეფარდებებს.

ცხრილი 2

წლის მანძილზე საშუალო დეკადური და საშუალო დღეღამური ხარჯების ერთგვაროვანი უზრუნველყოფის მრუდების უდიდეს და უმცირეს შეფარდებათა ცვალებადობა მდინარის ქვემო დინებაზე

მდინარე—პუნქტი	წყალშემკრები აუზის ფართობი კმ²	საშუალო სიმაღლე მ-ით	უზრუნველყოფა 65%—95%		
			საშუალო მრავალწლიური (აქედან-აქამდე)	უდიდესი	უმცირესი
რიონი გლოლასთან	643	2330	0,98—1,05	1,20	0,90
„ ხიდიკართან	2017	1980	1,02—1,08	1,31	0,98
„ ალპანასთან	2830	1760	1,00—1,08	1,22	0,91
„ ქუთაისთან	3510	1620	1,06—1,12	1,29	0,92
ცხენისწყალი ლუჯთან	542	2180	0,98—1,04	1,23	0,92
„ ლექსურთან	760	2080	0,97—1,05	1,11	0,90
„ ნაგომართან	1460	2000	1,01—1,10	1,35	0,92
ენგური ლახამულასთან	1390	2470	0,99—1,03	1,18	0,91
„ იზთან	1780	2450	0,98—1,03	1,19	0,74

მაღალმთიანი მხარის ჭარბი მიწისქვეშა წყლებით საზრდოობის მდინარეებზე საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის „საშუალო მრუდს" უმნიშვნელო გადახრა აქვს და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კორექტივის გარეშე, ხოლო ცალკეული წლების მრუდებმა შეიძლება საგრძნობი გადახრა (10%—30%) მოგვცეს, ისინი კორექტივის შეტანას მოითხოვენ.

საშუალომთიანი მხარის თოვლისა და წვიმის წყლით საზრდოობის მდინარეებზე საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის „საშუალო მრუდის" ცთომილება 10%-ზე ნაკლებია; იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მიახლოებით კორექტივის შეტანით 10%-ის ფარგლებში; ცალკეული კონკრეტული წლების უზრუნველყოფის მრუდის ცთომილება შეიძლება 30%-ზე მეტი იყოს. ამიტომ საშუალომთიანი მხარის თოვლისა და წვიმის წყლებით საზრდოობის მდინარეებზე ცალკეული წლების საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდების გამოყენება არ შეიძლება რეკომენდებულ იქნეს.

საშუალომთიანი მხარის წვიმის წყლით საზრდოობის წყალმოვარდნის რეჟიმის მდინარეებზე საშუალო დეკადური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდების წყალსამეურნეო გაანგარიშებაში გამოყენება, როგორც საშუალოსი, ისე ცალკეული წლებისა, მიუღებელია, რადგან ცთომილება პირველ შემთხვევაში შეიძლება 30%-ს აღწევდეს, მეორე შემთხვევაში კი 69%-ს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 16.12.1953)

გეოლოგია

ნ. ხიმშიაშვილი

აფხაზეთის ფერადი წყების ასაკის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ლ. დავითაშვილმა 25.7.1953)

ფერად წყებაში კავკასიის გეოლოგები გულისხმობენ დასავლეთ საქართველოში ფართოდ გავრცელებულ იურულ კლასტიურ ნალექთა წყებას, რომელიც მეტწილად წითელი და მომწვანო-მოცისფრო ფერისაა. როგორც ეს დამაჯერებლად აქვს ნაჩვენები ა. ჯანელიძეს (1940, [3], გვ. 53), ფერადი წყება წარმოიქმნებოდა უმთავრესად პორფირიტული წყების ინტენსიური გამოფიტვის პროდუქტების ხარჯზე, რომელთაც ემატებოდა თანადროული ვულკანური აქტივობის პროდუქტები და ლაგუნური ქიმიური ნალექები. გარდა ამისა, სამხრეთ ოსეთსა და აფხაზეთში ფერად წყებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ კარბონატული ნალექები. წყება უთანხმოდ და ტრანსგრესიულად ადევს შუაიურულის (პორფირიტული და ნახშირიანი წყების) სხვადასხვა ჰორიზონტს, ხოლო იმ რაიონებში, სადაც ზედაიურულის სრული ჭრილია წარმოდგენილი,—თანხმობით მოჰყვება ლუზიტანიურ კირქვებს. ფერადი წყების ზედა საზღვარი საკმაოდ მკაფიოა იქ, სადაც ჩანს ქვედა ნეოკომური ტრანსგრესია—ქვ. ნეოკომური კვარციანი ქვიშაქვები ტრანსგრესიულადაა განლაგებული ფერადი წყების გადარეცხილ ზედაპირზე. სამაგიეროდ საქართველოს ბელტიდან გეოსინკლინურ ზოლში გარდამავალ ნაწილში გადასვლა ფერად წყებასა და ქვ. ნეოკომურს შორის უწყვეტია და თანდათანი.

წყება გამოყოფილია ს. სიმონოვიჩის მიერ [1], ხოლო ლ. კონიუშევსკიმ [5] მას ფერადი უწოდა. იმის გამო, რომ ფერადი წყება თითქმის სრულებით არ შეიცავს ფაუნის განამარხებულ ნაშთებს, მკვლევრები მისი ასაკის განსაზღვრისას მისი სტრატიგრაფიული მდებარეობისა და სხვა ზოგადი ხასიათის მოსაზრებებიდან გამომდინარეობდნენ.

ჩვენ არ შევჩერდებით ძველ შრომებზე, რომელნიც მხოლოდ ისტორიულ ინტერესს წარმოადგენენ, და მოკლედ შევეხებით თანადროულ წარმოდგენებს ფერადი წყების ასაკის შესახებ.

ბ. მეფერტის [6,7] დაკვირვებით, ფერადი წყება უთანხმოდ და ტრანსგრესიულად ადევს მასზე ძველ ნალექებს და თანხმობით გადადის ქვედაცარცულ კირქვებში. ფერადი წყების ტრანსგრესიას, ბ. მეფერტის აზრით [6], წინ უნდა უძღოდეს უშუალოდ ცარცულისწინა ოროგენეტული ფაზისი. ასეთი ფაზისი ანდური ან ტიტონურის წინა ფაზისია. მაშასადამე, მისი მომყოლი ტრანსგრესიაც და წყებაც ტიტონური უნდა იყოს.

მეფერტის შეხედულებათა მკაცრი კრიტიკა მოგვცა ა. ჯანელიძემ [2,3], რომელმაც დაამტკიცა, რომ კვარციანი და არკოზული ქვიშაქვები ფერად წყებაზე უთანხმოდ და ტრანსგრესიულადაა განლაგებული და ისინი თანდა-

თანობითი გადასვლით არიან დაკავშირებული ქვედაცარცულ კირქვებთან. თუ გავყვებით ბ. მეფერტის მოსაზრებებს, გამოდის, რომ ანდური ფაზისის მომყოლი ტრანსგრესია იქნება კვარციანი ქვიშაქვების ტრანსგრესია, ხოლო ფერადი წყება ტიტონურისწინა იქნება.

წყების ასაკის ქვედა საზღვრის დადგენისას ა. ჯანელიძე ([3], გვ. 57) მის სტრატიგრაფიულ მდებარეობას ეყრდნობა. ონის რაიონში ფერადი წყება სრული თანხმობით ადევს კირქვებს, რომელთა ასაკი ისაზღვრება როგორც სექვანური. მაშასადამე, ფერადი წყება სექვანურზე ახალგაზრდაა და ტიტონურზე ძველი. მისი ასაკი პირველი მიახლოებით ისაზღვრება როგორც კიმერიჯული. ონის რაიონში, სამხრეთ ოსეთსა და აფხაზეთში ტიპობრივ ზღვიურ ნალექებს, რომელთა ასაკი კალოვიურიდან დაწყებული ლუზიტანიურამდე ადის, თავზე ადევს ფერადი წყება, რომელიც თაბაშირიანი, ტიპობრივი ლაგუნური შრეებით მთავრდება. სხვაგანაც, სადაც ფერადი უთანხმოდ და ტრანსგრესიულად ადევს უფრო ძველ წყებებს, როგორც, მაგალითად, ოკრიბაში, ლეჩხუმსა და ტყვარჩელის რაიონში, იგი ასეთსავე ლაგუნურ და თაბაშირიან ნალექებს შეიცავს. აქაც, ა. ჯანელიძის აზრით, ფერადი წყების ასაკი იგივე უნდა იყოს, ხოლო წყების ტრანსგრესიულ განლაგებას ა. ჯანელიძე შემდეგნაირად ხსნის: „ლუზიტანიურის ბოლოს ოროგენეტულ მოძრაობათა დაწყებასთან დაკავშირებით ზედაიურული ზღვა ჩვენში თხელდება და ჰკარგავს კავშირს ოკეანესთან. მაგრამ ერთდროულად ამ აუზის წყლები იჭრება სინკლინურ დადაბლებებში, იქ განიცდის აორთქლებას და ლექავს ტრანსგრესიულად განლაგებულ ფერად წყებას...ამგვარად, ფერადი წყება შეესაბამება რეგრესიის პერიოდს“ ([3], გვ. 59).

ა. ჯანელიძე დიდი სიფრთხილით მიმართავს მუნჯი წყებების დათარიღების ტექტონიკურ მეთოდს. ოროგენეტულ ფაზისს შეესაბამება თანდათანი რეგრესია, რომლის დროსაც შეიძლება დაილექოს რეგრესიული ნალექების სერია. უკანასკნელთა დაგროვება შეიძლება გაგრძელდეს ოროგენეტულ მოძრაობათა დასრულების შემდეგაც. ასეთ შემთხვევაში მომყოლი ტრანსგრესია გადაფარავს როგორც ფაზისზე ადრინდელ, ისე მის თანადროულ და შემდგომ ნალექებსაც. კერძოდ, ფერადი წყებაც ანდურ მოძრაობათა მოწმე იყო, მაგრამ შესაძლებელია, რომ მისი დალექვა შემდეგაც გაგრძელებულიყო. ამგვარად, ა. ჯანელიძე უშვებს, რომ ფერადი წყების ზედა საზღვარი შეიძლება კიმერიჯულზე მაღლაც ადიოდეს და ტიტონურსაც შეიცავდეს, მაგრამ ჯერჯერობით ამისი დადებითი საბუთი არ მოიპოვება ([3], გვ. 60).

ა. ჯანელიძის კონცეფცია კავკასიის გეოლოგიის თითქმის ყველა მკვლევარმა გაიზიარა. შემდგომმა კვლევებმა ძირითადად დაადასტურა და დააზუსტა ა. ჯანელიძის მოსაზრება ფერადი წყების ასაკის შესახებ. ასე, მაგ. ნ. კანდელაკმა დაამტკიცა, რომ ფერადი წყების კლასტიური ტერიგენული ნალექები ქორთიდან (ონის რაიონი) აღმოსავლეთისაკენ თანდათან იცვლის სახეს და მათში უფრო და უფრო მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ კარბონატული ნალექები, ხოლო სამხრეთ ოსეთში კიმერიჯულის კარბონატული ფაციესი სავსებით ცვლის ფერადი წყების ლაგუნურ ნალექებს.

ანალოგიურ სურათს აფხაზეთის ზედაიურული ნალექების განხილვისას გვისახავს გ. ჩხოტუა. ასე, მაგალითად, აჩავჩარის გადასავლიდან აღმოსავლეთისაკენ მეოთხე უსახელო შენაკადის ავლისას ვხედავთ, რომ ოქსფორდულ ყავისფერ თიხებს, რომელნიც ზედა ჰორიზონტებში მრავლად შეიცავენ *Aequipecten fibrosus* Sow.-ს, უშუალოდ ადევს ფერადი წყების წითელი თიხები. არავითარი ხარვეზი დალექვაში არ ჩანს და, პირიქით, აღსანიშნავია თანდათანი გადასვლა: *Aequipecten fibrosus*-იანი ყავისფერი თიხები ადგილს უთმობენ მოცისფრო-ნაცრისფერ და შემდეგ წითელ თიხებს. კირქვები მცირე ლინზების სახით განლაგებულია უკვე ფერადი წყების ფარგლებში,

გ. ჩხოტუამ ყურადღება მიაქცია იმ გარემოებას, რომ ზედაიურული ზღვიური ნალექების გავრცელებაში შესამჩნევია გარკვეული კანონზომიერება, რომელიც გამოიხატება მათ გამოსოლვაში სამხრეთისაკენ. მათ ადგილს იკავებენ კონტინენტური ან სანაპირო ხასიათის ფერადი ნალექები.

ფერადი წყების ქვედა საზღვარი არ შეესაბამება რაიმე გარკვეულ სართულს. ზოგან ფერადი წყება ფაციალურად ცვლის ლუზიტანიურ რიფულ კირქვებს და უშუალოდ ოქსფორდულს ადევს, ზოგან იგი, როგორც ჩანს, კიმერიჯულიდან იწყება. ფერადი წყება აფხაზეთში წარმოადგენს ზედაიურული ნალექების ფაციესს, ალბათ ისევე, როგორც ონის რაიონში, დაკავშირებულს უმთავრესად კიმერიჯულთან ([4], გვ. 186).

ჩრდილო-დასავლეთისაკენ აფხაზეთში ტერიგენული ფაციესი ადგილს უთმობს კარბონატულს, რაც ბზიფის ანტიკლინისა და მის ჩრდილოეთით მდებარე ზოლისათვის კუროჩკინის მიერ არის ნაჩვენები. აქ ანტიკლინის ჩრდილო ფრთაში კიმერიჯული სართულის ნალექები მთლიანად კირქვებითაა წარმოდგენილი და ოქსფორდულიდან დაწყებული ტერიგენული ნალექები უკვე სრულიად აღარ გვხვდება ([4], გვ. 187).

ფერადი წყების ტერიგენული ფაციესის კარბონატული ნალექებით შეცვლის კიდევ უფრო მკაფიო სურათი მოცემულია სამხრეთ ოსეთისათვის ი. კახაძისა და ნ. კანდელაკის ([4], გვ. 172) მიერ. მრავალი ჭრილის ანალიზის საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ ჩრდილოეთისა და აღმოსავლეთის მიმართულებით კიმერიჯულის ფერადი ლაგუნური ფაციესი კარბონატული ფაციესით იცვლება.

ამ საკითხს შემდგომ დეტალურად იხილავს ი. კახაძე [4]. ავტორი აღწერს ფერად წყებას დასავლეთ საქართველოს სხვადასხვა რაიონში და მთელი მანამდე არსებული ლიტერატურული მასალისა და საკუთარი გამოკვლევების საფუძველზე ნათლად სახავს ზედაიურული და კერძოდ ლუზიტანიურ-ტიტონური ნალექების ფაციალური ცვალებადობის სურათს. ფერადი წყების ასაკს ავტორი, ა. ჯანელიძის თანახმად, ძირითადად კიმერიჯულად საზღვრავს და დასაშვებად მიაჩნია, რომ მისი ზედა საზღვარი ზოგან ტიტონურამდეც ადიოდეს, თუმცა ამისი დადებითი საბუთი ჯერჯერობით არ მოიპოვება, ხოლო მისი ქვედა საზღვარი აფხაზეთში ლუზიტანიურში ჩამოდიოდეს.

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ი. კახაძე ფერად წყებას ანდური ფაზისის ოროგენეტულ მოძრაობებთან დაკავშირებულ რეგრესიულ ნალექებად თვლის

და წყების ტრანსგრესიულ განლაგებას ოკრიბის, ლეჩხუმის, ტყვარჩელის რაიონისა და აფხაზეთის ფარგლებში ინგრესიის მოვლენით ხსნის.

ფერადი წყების ასაკის დასადგენად მეტად საინტერესოა ის რაიონები, რომლებშიაც ტეროიგენულ ნალექებთან, ფერადის ტიპობრივ წითელ თიხებთან და ქვიშაქვებთან მორიგეობენ მერგელებისა და კირქვების შრეები, რადგანაც უკანასკნელებში მოსალოდნელია ნამარხების პოვნა.

ჩვენ სწორედ ამ მოსაზრებით ვხელმძღვანელობდით, როდესაც გასული წლის საველე მუშაობის დროს განსაკუთრებული ყურადღება მივაქციეთ მდინარე აცისა და გუნურხვის, მდ. რეშავის სათავეებისა და მთა ახ-იბოხის ფერდობების რაიონებს. აქ ფერადი წყების ფარგლებში განვითარებული მერგელებისა და მერგელოვანი თიხებისა და კირქვების შუაშრეებში მოხერხდა ფაუნის დაგროვება, რომელიც, მიუხედავად შედარებით ცუდი დაცულობისა, წყების ასაკზე მსჯელობის საშუალებას იძლევა. აღნიშნული ფაუნის პოვნა იმითაა მნიშვნელოვანი, რომ იგი პირველად გვაძლევს ფერადი წყების დათარიღების საშუალებას პალეონტოლოგიური მეთოდის საფუძველზე.

სანამ ამ ფაუნის განხილვაზე გადავიდოდეთ, საჭიროდ მიგვაჩნია აღვნიშნოთ, რომ ჩვენი საველე დაკვირვებები სავსებით ადასტურებს გ. ჩხოტუას მონაცემებს. მართლაც, მდინარე რეშავის უსახელო მარჯვენა შენაკადის ხეობაში, იმ ადგილას, სადაც მდ. რეშავას კვეთს მთა ახ-იბოხის ჩრდილო-აღმოსავლეთი ფერდობების საძოვრებისაკენ მიმავალი ბილიკი, კარგად ჩანს თანდათანობითი გადასვლა *Aequipecten fibrosus* Sow.-ისა და *Pholadomya hemicardia* Sow.-ს შემცველი ყავისფერი ქვიშიანი თიხებისა ჯერ მომწვანო-მოცისფრო თიხებში და შემდეგ წითელ თიხებსა და ქვიშიან თიხებში. უკანასკნელებს ზევით მოჰყვება წითელი თიხების, ქვიშიანი თიხების, თიხიანი ქვიშაქვებისა და ქვიშაქვების მძლავრი წყება, რომლის ერთიანი გაშიშვლებები ქედს თითქმის თხემურ ნაწილამდე მიუყვება. აქ წყებაში თეთრი და მოყავისფრო კირქვებისა და წითელი ქვიშიანი კირქვების შუაშრეები გამოერევა. ფერადი წყების სიმძლავრე ჭრილში 200—250 მეტრით განიზომება. ამგვარად, ფერადი წყების ფაციესი აქ, როგორც ჩანს, უშუალოდ ოქსფორდულის შემდეგ იწყება.

ჩრდილოეთი და ჩრდილო-დასავლეთი მიმართულებით ფერადი წყების ნალექებს ფაციალურად ცვლიან კარბონატული ნალექები — თხელშრეებრივი და სქელშრეებრივი კირქვები მერგელების შუაშრეებით. ფაციესების ჭიდილის სურათს იძლევა მთა ახ-იბოხის სამხრეთი ფერდობი, რომლის ფლატეში მკაფიოდ ჩანს ფერადი წყების წითელი ქვიშაქვების, კირქვიანი ქვიშაქვებისა და თიხების მორიგეობა თეთრი კირქვის შრეებთან. შრეები მცირედაა დაქანებული ჩრდილო-დასავლეთისაკენ და მშვენივრად ჩანს ფერადი წყების ქანების თანდათანი გამოსოლვა ამავე მიმართულებით.

სამხრეთ-აღმოსავლეთი მიმართულებით, პირიქით, კირქვის შუაშრეები განიცდიან გათხელებას და გამოდიან ახ-იბოხიდან სამხრეთისაკენ მიმავალ ქედზე, რომელიც წყალგამყოფს წარმოადგენს მდ. აცისა (ბაკლანოვსკის) და რეშავის აუზებს შორის. სწორედ აქ, გადასვლის არეში, სადაც ბილიკი უშუალოდ ქედის თხემს მიჰყვება, ფერადი წყების ზედა ნაწილში ჩვენ მიერ შეგროვებულია ნამარხი მოლუსკები.

ნამარხების შემცველი ნაცრისფერი ქვიშიანი მერგელები (1,5 მ) მორიგეობენ წითელ ქვიშიან თიხებსა და ქვიშაქვებთან. გვხვდება კირქვების ცალკეული შუაშრეებიც და ერთი მათგანი მრავლად შეიცავს *Exogyra*-ებს. ნამარხიან შრეებს ზემოთ მოსდევს კირქვებისა და წითელი ქვიშაქვებისა და თიხების მორიგეობა. ზემოთ კირქვების როლი თანდათან მატულობს და მალე ბატონდებიან შრეებრივი კირქვები, რომლებიც შეადგენენ მთა ახ-იბოხის მწვერვალს. აღნიშნული კირქვების ზედა ნაწილი უკვე ქვედა ნეოკომურ ფაუნას შეიცავს. ამგვარად, ამ ჭრილში თანდათანი გადასვლა გვაქვს ზედაიურულ და ქვედანეოკომურ ერთგვაროვან კარბონატულ ნალექებს შორის. ჩვენ მიერ დაგროვებული ფაუნა ფერადი წყების ზედა ჰორიზონტებთანაა დაკავშირებული და ეს გარემოებაც უნდა იქნეს მიღებული მხედველობაში მთელი წყების ასაკის დადგენისას.

ფაუნა ძირითადად ორსაგდულიანებით არის წარმოდგენილი და ორსაგდულიანების გარდა გასტროპოდების მხოლოდ ერთ სახეს შეიცავს. ამჟამად ჩვენ მიერ მხოლოდ მისი ნაწილია აღწერილი. დანარჩენი ფორმები უმთავრესად ცუდი დაცულობის გამო, საბოლოოდ არა დამუშავებული და განსაზღვრები სახემდე არ არის დაყვანილი. აქ გვხვდება შემდეგი გვარების წარმომადგენლები: გვ. გვ. *Avicula*, *Perna*, *Gervillia*, *Chlamys*, *Lima*, *Exogyra*, *Goniomya*, *Pleuromya*, *Anisocardia*, *Nucula*, *Arca*, *Leda*, *Aucella*, *Protocardium*, *Cyprina*, *Astarte*.

მარტო გვარების სია გვაძლევს უფლებას დავასკვნათ, რომ საქმე გვაქვს შედარებით თხელი, ნორმული მარილიანობის ზღვიური აუზის ფაუნასთან.

განსაზღვრულია შემდეგი ფორმები:

1. *Natica* cf. *hemisphaerica* Roem.—სექვანური ტიტონური
2. *Avicula Ophione* d'Orb.—კიმერიჯული
3. *Perna Bouchardi* Opp.—კიმერიჯული-ტიტონური
4. *Perna plana* Contej—კიმერიჯული
5. *Gervillia tetragona* Roem.—სექვანური-ტიტონური
6. *Goniomya* cf. *ornata* Münst.—კიმერიჯული
7. *Pleuromya* cf. *tellina* Ag.—ტიტონური
8. *Pleyromya* sp.
9. *Macrodon rhomboidale* Contej.—სექვანური-პორტლანდური
10. *Astarte* cf. *sequana* Contej.—კიმერიჯული
11. *Protocardia orthogonalis* Buv.—სექვანური-კიმერიჯული.

ჩამოთვლილი ფორმებიდან *Natica hemisphaerica*, *Gervillia tetragona* და *Mocrodon rhomboidale* გვხვდება სექვანურიდან კიმერიჯულამდე, ისინი შრეების ასაკის დაზუსტების საშუალებას არ იძლევიან. *Pleuromya tellina* გვხვდება ტიტონურში, მაგრამ, გარდა იმისა, რომ მისი დაცულობა საკმაო ადგილს ტოვებს განსაზღვრის სიზუსტეში დაეჭვებისათვის, საკმაოდ მკაფიო არაა მისი განსხვავება ახლო ფორმებისაგან, რომლებიც ზედაიურულის უფრო დაბალ ჰორიზონტებში გვხვდება. *Protocardia orthogonalis* თითქოს შრეების ასაკის ზედა საზღვარს კიმერიჯულად საზღვრავს და ამას არ ეწინააღმდეგება ისეთი ფორმების არსებობა, როგორიცაა *Perna Bouchardi*, რომელიც გვხვდება რო-

გორც კიმერიჯულში, ისე ტიტონურშიც. დასასრულ *Perna plana*, *Avicula Ophione* და *Astarte sequana* კიმერიჯულის სახელმძღვანელო ფორმებად ითვლებიან. ამგვარად, ფაუნის მთელი კომპლექსი მისი შემცველი შრეების კიმერიჯულ ასაკზე მიგვითითებს და ფორმათა უმრავლესობა დასავლეთ ევროპისა და ჩრდილო-კავკასიის კიმერიჯულისათვისაა დამახასიათებელი.

მოყვანილი ფაუნის სია უფლებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ აფხაზეთის ფერადი წყების ასაკი უდავოდ მოიცავს კიმერიჯულს, მაგრამ მარტო ამ სართულით არ უნდა განისაზღვრებოდეს. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ფაუნის შემცველი შრეები ფერადი წყების ზედა ნაწილს შეესაბამება, ხოლო წყების უდიდესი ნაწილი მათ ქვეშ უდევს. თუ აღნიშნულ გარემოებას დავუკავშირებთ იმ ფაქტს, რომ რეშავის აუზში ნამარხიან ოქსფორდულს თანხმობით და სრული თანდათანობით ცვლის ფერადი წყების ტიპობრივი ქანები, აფხაზეთის ფერადი წყების ქვედა ნაწილის ლუზიტანიურად დათარიღება საკმაოდ დასაბუთებულად გვესახება.

რაც შეეხება წყების ზედა საზღვარს, მოყვანილი ჭრილის მიხედვით არავითარი საბუთი არა გვაქვს ვიფიქროთ, რომ ფერადის ფაციესი კიმერიჯულზე მაღლა ადიოდეს. ნამარხიანი შრეების ზევით მომყოლ წითელ ტერიგენულ ნალექებს მალე ცვლიან ჯერ შრეებრივი კირქვები და მერგელები, ხოლო შემდეგ სუფთა კირქვები, რომელთა ზედა ნაწილში ბერიასული ფაუნაა ნაპოვნი. ამგვარად, აღნიშნულ ჭრილში თანხმობითი გადასვლაა ზედაიურულსა და ქვედაცარცულს შორის, მაგრამ ტიტონური, როგორც ჩანს, აქ უკვე შრეებრივი კირქვებითა და მერგელებით არის წარმოდგენილი.

ფერადი წყება აფხაზეთში, ისევე როგორც დასავლეთ საქართველოს სხვა უბნებში, როგორც ზემოთქმულიდან ჩანს, ზედაიურული ნალექების ზღვიურ-სანაპირო და ნაწილობრივ ლაგუნურ ფაციესს წარმოადგენს. ეს რეგრესიული წყება სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა სტრატიგრაფიულ საზღვრებში ექცევა, მაგრამ ძირითადად კიმერიჯულთან არის დაკავშირებული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
პალეობიოლოგიის სექტორი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.8.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. Бацевич и С. Е. Симонович. Геологическое описание части Кутаисского уезда Кутаисской губ., известной под именем Окриба. Матер. для геол. Кавказа, сер. 1, кн. 4. Тифлис, 1873.
2. А. И. Джанелидзе, Б. Ф. Мефферт. Геологические исследования в Рачинском уезде Западной Грузии в 1928 г., Вест. Музея Грузии, 1930.
3. А. И. Джанелидзе. Геологические наблюдения в Окрибе и смежных частях Рачи и Лечхума. Тбилиси, 1940.
4. И. Р. Кахадзе. Грузия в юрское время. Труды Института геологии АН Груз. ССР. Сер. геолог., т. II (VIII). Тбилиси, 1947.
5. Л. К. Конюшевский. Отчет о геологических исследованиях месторождений ископаемого угля в районе станции Тквибули—Кутаис—Сачхери—Дзирула. Тбилиси, 1926.
6. Б. Ф. Мефферт. Геологические исследования в Рачинском уезде Западной Грузии Мат. по общ. и прикл. геологии, вып. 140, Ленинград, 1930.
7. Б. Ф. Мефферт. Юрские отложения Западного Закавказья. Геология СССР, т. X, Закавказье, ч. 1, Москва, 1941.

გეოლოგია

გ. ჭელიძე

რუსთავის მიდამოების შუა მიოცენის ზედა ნაწილის სტრატიგრაფიის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯანელიძემ 11.12.1953)

ქალაქ რუსთავის დასავლეთით, მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე, ამართულია იაღლუჯის ქედი, რომლის აგებულებაში მონაწილეობს მაიკოპის თიხები, თარხნული, ჩოკრაკული, კარაგანული, კონკური ნალექები და, ბოლოს, მძლავრი კონგლომერატები, რომლებიც იაღლუჯის კონგლომერატების სახელით არის ცნობილი და რომელთა ასაკი მიოპლიოცენური არის.

მაიკოპური თიხებიდან ზევით მდებარე ნალექებში გადასვლა თანდათანია, მაგრამ მიკროფაუნის საფუძველზე თარხნული ადვილად გამოიყოფა.

ჩოკრაკული ტრანსგრესიულია და ფუძის ფორმაციით იწყება.

კარაგანული ლითოლოგიურად წარმოდგენილია ფერადი თიხებით, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშებით და მიკროკონგლომერატით. ნალექები მრავალრიცხოვან და კარგი დაცულობის სპანიოდონტელებს შეიცავს. ნაპოვნია ერთეული Melanopsis-ები და Bull-ები. სპანიოდონტელებიდან განსაზღვრულია *Spaniodontella pulchella* Baily, *Sp. tapesoides* Andrus., *Sp. umbonata* Andrus., *Sp. gentilis* Eichw., *Sp.* cf. *andrussovi* Toula. ნალექების სისქე 70—80 მეტრს უდრის.

ამ დასტის შემდეგ ჭრილს აგრძელებს ფხვიერი ნაცრისფერი ქვიშაქვები, რომლებიც აუარებელ პატარა ტანის *Ervilia trigonula* Sok-ს შეიცავს. ამ ერვილიებიანი დასტის სიმძლავრე 13—15 მეტრს უდრის. ერვილიებთან ერთად ნაპოვნია კარგად დაცული *Tapes vitalianus* d'Orb.

ერვილიებიან დასტას ზევით მოჰყვება მიკროკონგლომერატი, აგებული მწვანე ფერის ტუფოგენი მასალით. ქანი შეიცავს *Melanopsis* sp. და აქა-იქ შედარებით პატარა ტანის *Spaniodontell*-ებს. ნალექების სისქე 8—10 მეტრს უდრის.

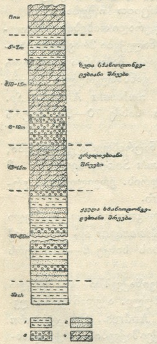
უფრო ზევით, ფხვიერ, საშუალომარცვლოვან ქვიშაქვებში აუარებელი და კარგად დაცული სპანიოდონტელებია გავრცელებული. აქედან განსაზღვრულია: *Spaniodontella pulchella* Baily, *Sp. umbonata* Andrus., *Sp. opistodon* Andrus., *Sp. gentilis* Eichw. ამ სპანიოდონტელებიანი ქვიშაქვების სისქე დაახლოებით 10—15 მეტრს უდრის. მას თავზე ადევს მტრედისფერი, კარბონატული თიხებისა და თხელშრეებრივი ქვიშაქვების მორიგეობა, რომელშიაც კვლავ სპანიოდონტელები მოიპოვება, მაგრამ შედარებით პატარა ტანისა და მცირე რაოდენობით. ნალექების სისქე 5—7 მეტრს არ აღემატება.

სპანიოდონტელებიან შრენარს ზევით აგრძელებს სქელშრეებრივი, ჟანგისფერი, ხლართულშრეებრივი ქვიშაქვები, Pholas-ებით გაჭედილი.

ნალექების აღწერილ თანამიმდევრობაში განსაკუთრებით საინტერესოა სპანიოდონტელების ვერტიკალური გავრცელება. როგორც ჭრილიდან შეიძლება დავინახოთ, ჩოკრაკულსა და ფოლასებიან შრეებს შორის გარკვევით გამოიყოფა ორი სპანიოდონტელებიანი დასტა. ეს დასტები ფაუნისტური შედგენილობით თითქმის ერთნაირია, მაგრამ ერთმანეთისაგან მკაფიოდ გაყოფილი ერვილიებიანი შრეებით.

ერვილიებიანი შრეების არსებობა საქართველოს მიოცენურ ნალექებში შესატყვის დონეზე აღნიშნული აქვთ სხვა ავტორებსაც. მაგალითად, ბ. მ ე ფ ე რ ტ ი [5] აღნიშნავს ლეჩხუმში ნასპერ-სანორჩიოს სინკლინური ნაოჭის ჩრდილო ფრთაში, სოფ. ნასპერის ჩრდილოეთით, სპანიოდონტელებიანი წყების ზევით *Erv. trigonula* Sok.-ს მტკიცედ შეცემენტებული ლუმაშელის არსებობას.

ს. უფლისციხეში ერვილიებიანი დასტის არსებობა აღნიშნული აქვს ბ. ჟ ი ჟ ჩ ე ნ კ ო ს [3]. არხაშენის ხევისათვის ამასვე იმეორებს ნ. კ უ დ რ ი ა ვ ც ე ვ ი [4]. სპანიოდონტელებიანი შრეების თავზე ერვილიებიანი დასტის არსებობა აღნიშნული იყო ჩემ მიერაც სოფ. ჭალის მიდამოებში [1].



სურ. 1. იაღლუჯის ქედის კარაგანული ნალექების ჭრილი: 1—თიხები; 2—ქვიშები; 3—მიკროკონგლომერატი; 4—ქვიშაქვები

მაშასადამე, ერვილიებიანი დასტის არსებობა სპანიოდონტელებიანი შრეების თავზე თითქმის ყველგან შეიძლება გავაკვლიოთ. მაგრამ იაღლუჯის ჭრილი საინტერესოა არა მარტო იმ მხრივ, რომ ერვილიებიანი დასტა აქაც კარგად გამოიყოფა, არამედ იმით, რომ, ჯერ ერთი, ეს დასტა იაღლუჯაზე *Erv. trigonula* Sok.-ის გარდა შეიცავს *Tapes vitalianus* d'Orb. და მეორე,—ერვილიებიანი დასტის ზევით მოთავსებულია კვლავ სპანიოდონტელებიანი შრეები, რომლებიც კარაგანულის ტიპობრივი ფორმებით ხასიათდება.

როგორია ერვილიებიანი და მის ზევით მდებარე სპანიოდონტელებიანი შრეების ასაკი? თუ ერვილიებიან შრეებს მხედველობაში არ მივიღებთ, სპანიოდონტელებიანი შრეების ასაკი ადვილად შეიძლება გადავწყვიტოთ: როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ეს დასტა შეიცავს ტიპობრივ კარაგანულ ფორმებს და ამიტომ მათი შემცველი ნალექები კარაგანულს უნდა მიეკუთვნოს.

ერვილიებიან შრეებში მხოლოდ ორი ფორმაა ცნობილი: *Erv. trigonula* Sok. და *T. vitalianus* d'Orb. ამათგან პირველი წარმოდგენილია მრავალრიცხოვანი ინდივიდების, მეორე კი—მხოლოდ ერთი ეგზემპლარის სახით. *Erv. trigonu-*

la Sok. ცნობილია ჩვენს საყარაულოს ჰორიზონტში (ქვედა მიოცენი), ჩოკრაკულში, კონკურში და ქვედა სარმატულში. მაშასადამე, ამ ფორმას სტრატიგრაფიული ღირებულება არა აქვს. *T. vitalianus* d'Orb. გვხვდება კონკურსა და სარმატულში. შესაძლოა ეს ფორმა არსებობდეს ჩოკრაკულშიც, მაგრამ ამის დაბეჯითებით მტკიცება ძნელია. ამგვარად ამ ფორმასაც ფართო სტრატიგრაფიული გავრცელება აქვს. ამიტომ ბუნებრივია დავასკვნათ: სპანიოდონტელებიან შრეებს შორის მოთავსებული ერვილიებიანი დასტაც კარაგანულს ეკუთვნის.

ამ დასკვნის მეტი დამაჯერებლობისათვის განვიხილოთ ერვილიებიანი და სპანიოდონტელებიანი შრეების შემცველი ფაუნის ბიონომიური პირობები.

საყარაულოს ჰორიზონტის ფაუნა, რომელშიაც *Erv. trigonula* Sok. არის, სტენოჰალურია და ნორმალური ზღვის ფაუნით ხასიათდება. ჩოკრაკული აუზი, სადაც *Erv. trigonula* Sok. კვლავ არის, შესაძლოა ნორმულმარილიანი არ იყოს, მაგრამ მაინც საკმაოდ მარილიანია. კონკური აუზი, რომელშიაც *Erv. trigonula* Sok. აგრეთვე არის, კვლავ მარილიანია: ცნობილია, რომ კონკური აუზი შეერთებული იყო ოკეანესთან. *Erv. trigonula* Sok. ცნობილია სარმატულ ნალექებშიაც. მართალია, სარმატული აუზი ოკეანისაგან გათიშული იყო, მაგრამ მისი მარილიანობა მაინც შედარებით მაღალია. თანამედროვე ერვილიებიც ზომიერად თბილი ან ტროპიკული ზღვების ცხოველები არიან.

T. vitalianus d'Orb. ცნობილია კონკურსა და სარმატულში. მაშასადამე, ეს ფორმაც ზღვიური ფორმაა. მდგომარეობას ვერ შეცვლის ამ ფორმის არსებობის დადასტურება ჩოკრაკულშიც.

ამგვარად, ერვილიებიანი შრეების ფაუნა უფრო ნორმალური ზღვის ფაუნაა, თუმცა *Erv. trigonula* Sok., როგორც ჩანს, შედარებით უკეთ ეგუება დაბალ მარილიანობას, რასაც გვაფიქრებინებს ამ ფორმისა და სპანიოდონტელებისა და მტკნარი წყლის სხვა ფორმების ერთად არსებობა, აღნიშნული ნ. კუდრიავცევის [4] მიერ. ამას ვერ ვიტყვით ამ დასტის ქვევით და ზევით მდებარე სპანიოდონტელებიანი შრეების ფაუნის მიმართ. სპანიოდონტელები, რომელთა ვერტიკალური გავრცელება ჩოკრაკულთან, კარაგანულთან და კონკურთან არის დაკავშირებული, შედარებით განმარილიანებული აუზის ფორმებია. ამით აიხსნება ის გარემოება, რომ კარაგანულ აუზში, რომელსაც ოკეანესთან კავშირი არ ჰქონდა და რომელიც ამის გამო შედარებით გამტკნარებული იყო, მათ დიდი გავრცელება აქვთ, ხოლო ჩოკრაკულსა და კონკურში, როდესაც აუზის მარილიანობა მაღალია, სპანიოდონტელების გავრცელება ძალზე შეზღუდულია. სპანიოდონტელებიან შრეებში შემჩნეული Melanopsis და Neritina კვლავ აუზის გამტკნარების მაჩვენებელია.

ერვილიებიანი შრეების ფაუნისტური შედგენილობისა და მათი ცხოვრების პირობების მხედველობაში მიღებით თითქოს უფრო მართებულია, თუ ამ შრეებს კონკურს მივაკუთვნებთ, მაგრამ, მეორე მხრით, არ შეიძლება ანგარიში არ გაეწიოს ერვილიებიანი შრეების თავზე მოთავსებულ ნალექებში

ისეთი გაბატონებული და დამახასიათებელი ნამარხების არსებობას, როგორიც არიან სპანიოდონტელები.

როგორც იალღუჯის ქედის ჩვენ მიერ ზემოთ განხილული ჭრილიდან ჩანს, ზედა სპანიოდონტელებიან შრეებში გავრცელებულია სპანიოდონტელების იგივე სახეები, როგორიც ქვედა სპანიოდონტელებიან, ე. ი. საკუთრივ კარაგანულ შრეებში. გაბატონებული ფაუნის მიხედვით ერვილიებიანი და ზედა სპანიოდონტელებიანი შრეები უფრო კარაგანულს ეკუთვნის.

გამოთქმული მოსაზრების საფუძველზე ჩვენ ვიძლევით იალღუჯის ქედის კარაგანული ნალექების დანაწილების შემდეგ სქემას:

კარაგანული	ზედა სპანიოდონტელებიანი შრეები
	ერვილიებიანი "
	ქვედა სპანიოდონტელებიანი "

ერვილიებიანი და ზედა სპანიოდონტელებიანი შრეების სტრატიგრაფიული ეკვივალენტების გარკვევის მიზნით განვიხილოთ შუა მიოცენის ზედა ნაწილის, კარაგანული და კონკური ჰორიზონტების, სტრატიგრაფიის დღევანდელი მდგომარეობა.

ბ. ჟიჟჩენკო [2], მისი უკანასკნელი გამოკვლევების მიხედვით, კონკურ ჰორიზონტს აკუთვნებს საკუთრივ იმ შრეებს, რომლებიც *Venus konkensis* Sok.-ის შემცველი შრეების ანალოგებად შეიძლება მივიჩნიოთ. ზოგიერთ ჭრილში ეს ავტორი ფოლასებიან შრეებსაც კონკურს აკუთვნებს, მაგრამ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ფოლასები პალეონტოლოგიურად შესწავლილია და დასაბუთებული, რომ ისინი მიეკუთვნებიან გვარ Pholas s. str.

ისეთ ფოლასებიან შრეებს, რომელნიც Barnea-ს გარდა მსხვილ სპანიოდონტელებს შეიცავენ, აღნიშნული ავტორი კარაგანულად თვლის. კარაგანულსვე აკუთვნებს ეს ავტორი ლ. დ ა ვ ი თ ა შ ვ ი ლ ი ს [2] მიერ გამოყოფილ ე. წ. „ქართლურ შრეებს“. მას „ქართლური შრეების“ სახით ესმის არა მარტო ის ნალექები, რომლებიც ფოლასებს შეიცავს და ტიპობრივი კონკური ფაუნის შემცველი შრეების ქვეშ მდებარეობს, არამედ ის შრეებიც, რომელშიც ფოლასებთან ერთად დიდი რაოდენობით მოიპოვება *Erv. trigonula* Sok. და მსხვილი სპანიოდონტელები. მაშასადამე, ბ. ჟიჟჩენკოს შეხედულებით „ქართლური შრეები“ კარაგანულის ზედა ნაწილია და ხასიათდება Barnea-ს, *Erv. trigonula* Sok.-სა და მსხვილი კარაგანული Spaniodontell ების არსებობით. ლ. დავითაშვილი, როგორც ცნობილია, „ქართლურ შრეებს“ კონკურის ქვედა ნაწილად მიიჩნევდა.

ბ. ჟიჟჩენკო ფიქრობს, რომ, როდესაც შრეებში სპანიოდონტელების ზევით მხოლოდ ფოლასებია გავრცელებული და ისინი პალეონტოლოგიურად შესწავლილი არ არიან, ფოლასების შემცველი ნალექების მიკუთვნება კარაგანულისა თუ კონკურისადმი გაურკვეველია, მით უმეტეს, რომ ფოლასებიანი შრეები დღეისათვის სამ სტრატიგრაფიულ დონეზეა ცნობილი: ერთი ჩოკრაკულისა და კარაგანულის საზღვარზე (ეს შრეები ჩოკრაკულს ეკუთვნის), მეორე და მესამე კი კარაგანულისა და კონკურის საზღვარზე. აქედან მეორე ფოლასებიანი შრეები კარაგანულია, მესამე კი კონკური. კარაგანული ასაკის ფოლა-

სებიან შრეებს უწოდებს ბ. ჟიჟჩენკო „ქართლურ შრეებს“ და მის მოცულობას და შინაარსს ახალ ელემენტს უმატებს შედარებით იმ გაგებასთან, რომელიც ჰქონდა ამ შრეების შესახებ ლ. დავითაშვილს.

ზემოთ აღნიშნული სტრატიგრაფიის საფუძველზე ბ. ჟიჟჩენკო უფლისციხის 10 მეტრის სიმძლავრე ქვიშაქვა-კირქვის წყებას, რომლის ქვედა ნაწილში ფოლასებია გავრცელებული, ხოლო ზედაში *Erv. trigonuila* Sok., კარაგანულს აკუთვნებს. კარაგანულსავე აკუთვნებს ეს ავტორი ნ. კუდრიავცევის [4] მიერ აღწერილ არხაშენის-ხევის (გარე კახეთი) ჭრილის ქვედა და შუა ნაწილს.

ნ. კუდრიავცევი არხაშენის-ხევის ქვიშაქვიან-თიხოვან ნალექებში ასეთ ჭრილს იძლევა: ა) ქვედა ნაწილი, რომლის სისქე 20 მეტრს უდრის შეიცავს დიდი რაოდენობით *Erv. trigonula* Sok.-ს, იშვიათ Bulla-ს, Pholas-ს, დიდი ტანის Spaniodontell-ების კალაპოტებს და მტკნარი წყლით *Melanopsis* sp. და *Neritina* sp.-ს. ბ) შუა წყება, რომელსაც 100 მეტრის სისქე აქვს და ხასიათდება სხვა ნამარხებთან შედარებით ფოლასების სიჭარბით, მსხვილი Spaniodontell-ებით და კვლავ Melanopsis და Neritina-თი. გ) ჭრილის ზედა ნაწილი შეიცავს უკვე კონკური შრეებისათვის ჩვეულებრივს, შედარებით მრავალფეროვან ფაუნას: *Corbula gibba* Ol., *Venus konkensis* Sok., *Turritella atamanica* Bog. და სხვ.

ამგვარად, ბ. ჟიჟჩენკოს „ქართლური შრეები“ ხასიათდება ფოლასებით (Barnea), *Erv. trigonula* Sok.-ით, დიდი ტანის Spaniodontell-ებით და მტკნარი წყლის ფორმებით (Melanopsis, Neritina). ფაუნას შერეული ხასიათი აქვს: შიგ არის ზღვიური (Barnea, Ervilia), მომარილიანო (Spaniodontella) და მტკნარი წყლის ფორმები (Melanopsis, Neritina). ფაუნის ამგვარი ხასიათის გამო არის ალბათ რომ ბ. ჟიჟჩენკო კარაგანული საუკუნის მიწურულში, ე. ი. „ქართლური შრეების“ დალექვის განმავლობაში, წარმოიდგენს აუზის ნაწილობრივ კავშირს ოკეანესთან, მაშინ როდესაც საკუთრივ კარაგანულ დროს აუზი ოკეანისაგან სრული იზოლაციით ხასიათდება.

ამგვარად, ბ. ჟიჟჩენკოს შეხედულებას „ქართლური შრეების“ შესახებ სავსებით შეესაბამება ჩვენი დაკვირვებებიც. აქედან გამომდინარე უნდა დავასკვნათ, რომ იაღლუჯის ჭრილის ერვილიებიანი და ზედა სპანიოდონტელებიანი შრეები „ქართლური შრეების“ ეკვივალენტური ნალექებია, თუმცა ბ. ჟიჟჩენკოს „ქართლური შრეებისაგან“ განსხვავებით ამ ნალექებში ფოლასები ნაპოვნი არ არის. სამაგიეროდ ამ შრეებში გვხვდება *Tapes vitalianus* d'Obr.

იაღლუჯის ჭრილის ფოლასებიან შრეებს ჩვენ კონკურს ვაკუთვნებთ, რადგან ფოლასების ჯერ დეტალურად შეუსწავლელობის მიუხედავად, ისინი უფრო Pholas-ებს (s. str.) მოგვაგონებენ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოლოგიის და მინერალოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 11.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. ჭელიძე. სოფ. ჭალის მიდამოების გეოლოგიური აღწერა. საქ. სახ. მუზეუმის მოამბე, ტ. XIII-A, 1938.
2. Л. Ш. Давиташвили. О конкском горизонте Грузии. Азерб. нефт. хоз., № 10, 1930.
3. Б. П. Жижченко. Средний миоцен. Стратиграфия СССР, неоген, т. XII, 1940.
4. Н. А. Кудрявцев. К вопросу о стратиграфии конкского горизонта в Грузии. Азерб. неф. хоз. № 12, 1932.
5. Б. Ф. Мефферт. Геологический очерк Лечхума и Рачи. Мат. по общ. и прикл. геологии, вып. 140, 1930.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XV, № 2, 1954

ტექნიკა

რ. ლორთქიფანიძე

რხევის სიხშირეთა გამოთვლის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ზავრიევმა 23.6.1953)

თავისუფალი რხევის სიხშირის გამოთვლის მიახლოებითი მეთოდები ემყარება მდგარი ტალღის ნამდვილი სახის შეცვლის იდეას რომელიმე სხვა ფორმით. ეს ფორმა, რომლის შერჩევა წინასწარ ხდება, უნდა აკმაყოფილებდეს სასაზღვრო პირობებს. ამ მეთოდების უარყოფითი მხარე ისაა, რომ ცდომილება, რომელიც შეიძლება გვქონდეს მდგარი ტალღის პირობითი ფორმის მიღების გამო, გამოუცნობი რჩება.

აღნიშნული ნაკლის თავიდან ასაცილებლად პროფ. ს. ბერნშტეინმა დაამუშავა სპექტრალური ფუნქციის მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ყოველი მიახლოებისათვის ცალ-ცალკე გამოვითვალოთ მიღებული შედეგების ცდომილების ხარისხი [1]. სიხშირის გამოთვლა სპექტრალური მეთოდით წარმოებს უშუალოდ, ელემენტარული δik გადაადგილებებისა და სისტემის mi მასების გამოყენებით. შესაძლებელი ხდება გვერდი ავუაროთ აგრეთვე დიფერენციალური განტოლებების შედგენასა და ამოხსნას.

ძირითად განტოლებად აღებულია საუკუნებრივი განტოლება:

$$D=\begin{vmatrix} \delta_{11} m_1 \varphi^2-1, & \delta_{12} m_2 \varphi^2 & \ldots & \delta_{1n} m_n \varphi^2 \\ \delta_{21} m_1 \varphi^2, & \delta_{22} m_2 \varphi^2-1 & \ldots & \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \delta_{n1} m_1 \varphi^2, & \delta_{n2} m_2 \varphi^2 & \ldots & \delta_{nn} m_n \varphi^2-1 \end{vmatrix}=0$$

ფესვები $\varphi_1^2, \varphi_2^2 \ldots \varphi_n^2$ წარმოადგენენ სიხშირის კვადრატებს. გავშალოთ დეტერმინანტი $z=\varphi^2$ ხარისხების მიხედვით, მივიღებთ n-ხარისხის მრავალწევრს:

$$S(z)=1-A_1 z+A_2 z^2-A_3 (z^3)+\ldots+(-1)^n A_n z^n$$

სადაც

$$A_1=\sum m_i \delta_{ik}, \quad A_2=\frac{1}{2!}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} m_i m_j \begin{vmatrix} \delta_{ii} & \delta_{ij} \\ \delta_{ji} & \delta_{jj} \end{vmatrix}$$

შემდეგ დადგენილია, რომ

$$A_2 \leqq \frac{A_1^2}{2!}; \; A_3 \leqq \frac{A_1^3}{3!} \ldots A_n \leqq \frac{A^n}{n!}$$

აქედან კი გამომდინარეობს, რომ A_n კოეფიციენტები ქმნიან სწრაფად კლებად მიმდევრობას, ვინაიდან მეტწილ საინჟინერო ნაგებობათათვის $A_1<1$.

თუ განვიხილავთ თავისუფლების ხარისხის უსასრულო რიცხვის მქონე სისტემებს, მივიღებთ უსასრულო მწკრივს $S(z)$, რომელიც წოდებულია სპექტრალურ ფუნქციად

$$S(z)=A-A_1 z+A_2 z^2-A_3 z^3+\ldots$$

ამ ჯამის ფესვები ტოლია რხევის სიხშირის კვადრატებისა, ხოლო კოეფიციენტები გამოისახებიან მასებისა და გადაადგილებათა საშუალებით:

$$A_1 = \int m(x)\, \delta xx\, dx$$

$$A_2 = \frac{1}{2!} \iint m(x)\, m(y)\, \delta xx\, \delta yy^{(x)}\, dxdy$$

$$A_3 = \frac{1}{3!} \iiint m(x)\, m(y)\, m(z)\, \delta_{xx}\, \delta_{yy}^{(x)}\, \delta_{zz}^{(xy)}\, d_x\, d_y\, d_z$$

. . . .

აქ გადაადგილებათა დეტერმინანტი შეცვლილია მთავარ გადაადგილებათა ნამრავლით დამატებითი ჩამაგრებების მქონე სისტემებში.

პროფ. ბერნშტეინმა აღმოაჩინა სპექტრალური ფუნქციის მეტად მნიშვნელოვანი თვისება, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ნებისმიერი ფესვის ნამდვილი მნიშვნელობა მოთავსებულია გარკვეულ საზღვრებში. გამოირკვა, რომ $S(z)$ ფუნქციის პირველი ფესვები ყოველთვის უნდა მდებარეობდეს $S_{n+1}^{(z)}$ და $S_{n+2}^{(z)}$ მრავალწევრების ფესვებს შორის, სადაც $S_k^{(z)}$ აღინიშნება $S(z)$ მწკრივის k პირველი წევრების ჯამი. ამ ფესვების მნიშვნელობანი მით უფრო ახლო იქნებიან ერთმანეთთან, რაც უფრო მეტია n-ს მნიშვნელობა. დავუშვათ, რომ $n=1$, $n=2$ და ამოვხსნათ განტოლება

$$S_1(z) = 1 - A_1 z = 0$$

$$S_2(z) = 1 - A_1 z + A_2 z^2 = 0$$

აქ ჩვენ ვპოულობთ პირველი ფესვის მნიშვნელობის პირველ მიახლოებას როგორც ზემოდან, ისე ქვემოდან

$$Z_{11} = \frac{1}{A_1}; \quad Z_{12} = \frac{1}{\frac{A_1}{2} + \sqrt{\frac{A_1^2}{4} - A_2}}$$

ამრიგად, შესაძლებელი ხდება იმის დადგენა, რომ პირველი ფესვის ნამდვილი მნიშვნელობა მოთავსებულია ჩვენ მიერ მონახულ ორ ზღვარს შორის:

$$\frac{1}{A_1} < z_1 < \frac{1}{\frac{A_1}{2} + \sqrt{\frac{A_1^2}{4} - A_2}}$$

მიზანშეწონილი იქნება მიღებულ გამოსახულებას მივსცეთ სხვა სახე,ვინაიდან შემდეგი მიახლოებისათვის $S_3(z)$, $S_4(z)$ და ა. შ. მრავალწევრების გამოყენება რთულ გამოთვლებთან არის დაკავშირებული.

ამ მიზნის მისაღწევად სპექტრალური ფუნქცია წარმოვიდგინოთ უსასრულო ნამრავლის სახით

$$S(z) = \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{z_k}\right),$$

ზოგიერთი გარდაქმნის შედეგად მივიღებთ, რომ

$$\sum \frac{1}{z_i} = \int m(x)\, \delta xx\, dx = B_1$$

$$\sum \frac{1}{z_i^2} = \iint m(x)\, m(y)\, \delta_{xy}^2\, dxdy = B_2$$

. . . .

და რომ

$$A_1=B_1,\ A_2=\frac{1}{2!}(B_1^2-B_2),\ A_3=\frac{1}{3!}(B_1^3-3\,B_1B_2+2\,B_2)\ldots$$

B_k სიდიდეების გამოთვლა უფრო მარტივია, ვინემ Ak სიდიდეებისა, გამოსათვლელი ფორმულების გამოსაყვანად გამოიყენება m-ის რიგის ტრანსფორმირებული ფუნქცია $S_{(z)}^{(m)}$

$$S^{(2)}(z)=\prod_{k=1}^{\infty}\left(1-\frac{z}{z_k^2}\right)$$

$$S^{(3)}(z)=\prod_{k=1}^{\infty}\left(1-\frac{z}{z_k^3}\right)$$

. . . .

$$S^{(m)}(z)=\prod_{k=1}^{\infty}\left(1-\frac{z}{z_k^m}\right)$$

$S^{(m)}(z)$ ფუნქციას აქვს შემდეგი თვისებები:

1. $S^{(m)}(z)$ ფუნქციის ფესვები ტოლია სპექტრალური ფუნქციის ფესვების m ხარისხისა.

2. B_1, B_2, $\ldots B_k$ სიდიდეების ანალოგიური სიდიდეები $S^{(m)}(z)$ ფუნქციისათვის შესაბამისად ტოლი იქნებიან B_m, B_{2m}, $\ldots$ B_{km}-ისა, სადაც $B_1, B_2 \ldots$ სიდიდეებს წინათ ცნობილი აზრი რჩებათ.

3. $S^{(m)}(z)$ ფუნქციის ხარისხოვან მწკრივად გაშლის $A_k^{(m)}$ კოეფიციენტები გამოისახება ადრე დადგენილი ფორმულებით, სადაც B_k შეცვლილი იქნება შესაბამისად B_{km}-ით.

ამრიგად:

$$S^{(m)}(z)=1-B_m z+\frac{1}{2!}(B^2{}_m-B_{2m})\,z^2-\frac{1}{3!}(B^3{}_m-3\,B_mB_{2m}+2B_{3m})z^3+\cdots$$

4. უკანასკნელი მწკრივის კრებადობის სისწრაფე იზრდება მის რიგთან ერთად, რადგან

$$A_k^{(m)}<\frac{A_1{}^{km}}{k!};\ \ (A_1<1)$$

შემდეგ ვიხილავთ $S^{(m)}(z)$ ტრანსფორმირებული ფუნქციის $S_n^{(m)}$ მრავალწევრს:

$$S_n{}^{(m)}=1-A_1{}^{(m)}z+A_2{}^{(m)}z^2-\ \ldots\ +(-1)^nA_n^{(m)}z^n$$

რადგან ტრანსფორმირებული ფუნქციის მწკრივი უფრო სწრაფკრებადია, ვინემ სპექტრალური ფუნქციის მწკრივი, ამიტომ $S_n{}^{(m)}$ მრავალწევრი თავისი ფესვების ზღვარში უფრო ნაკლებად განსხვავდება $S^{(m)}(z)$ მწკრივის ჯამისაგან, ვიდრე $S_n(z)$ მრავალწევრები $S(z)$ მწკრივის ჯამისაგან. ამასთანავე მრავალწევრსა და მწკრივის ჯამს შორის განსხვავება მცირდება m რიგის ზრდასთან ერთად.

ამრიგად, ტრანსფორმირებული ფუნქცია უფლებას იძლევა k მაჩვენებლიანი ფესვის სიდიდის საპოვნელად დავკმაყოფილდეთ მრავალწევრის k და $k+1$ მაჩვენებლიანი ფესვების მონახვით, რომელთაგან პირველი მოგვცემს k

ფესვის სიდიდის მნიშვნელობის ქვემო მიახლოებას, ხოლო მეორე — ზემო მიახლოებას.

პირველი ფესვის მიახლოებისას აიღება $S_{(z)}^{(m)}$ ტრანსფორმირებული ფუნქციის $S_1^{(m)}$ მრავალწევრის თანმიმდევრობა:

$$S_1^{(1)}=1-B_1z,\quad S_1^{(2)}=1-B_2z,\quad S_1^{(3)}=1-B_3z,\ \dots$$

ვინაიდან $S^{(m)}(z)$, ფუნქციის ფესვები ტოლია $S(z)$ სპექტრალური ფუნქციის ფესვების m ხარისხისა, ამიტომ მრავალწევრის ფესვებიც ასეთივე თანაფარდობაში იქნებიან ერთმანეთთან. პირველი ფესვის მნიშვნელობა ქვემოდან იძლევა შემდეგ თანმიმდევრობას: $\frac{1}{B_1},\ \frac{1}{\sqrt{B_2}},\ \frac{1}{\sqrt[3]{B_3}}\ \dots$, რომლის თითოეული მომდევნო რიცხვი თავის წინამდებარე რიცხვზე მეტია და რომლის ყველა რიცხვი ნაკლებია სპექტრალური ფუნქციის პირველ ფესვზე:

$$\frac{1}{\sqrt[m]{B_n}}<z;\quad m=1,\ 2,\ 3\dots$$

პირველი ფესვის მიახლოებისათვის ზემოდან აიღება მეორე ხარისხის მრავალწევრის $S_2^{(m)}$ თანმიმდევრობა:

$$S_2^{(1)}=1-B_1z+\frac{1}{2}\left(B_1^2-B_2\right)z^2$$

$$S_2^{(2)}=1-B_2z+\frac{1}{2}\left(B_2^2-B_4\right)z^2$$

$$S_3^{(3)}=1-B_3z+\frac{1}{2}\left(B_3^2-B_6\right)z^2$$

. . . .

ამ მრავალწევრების უმცროსი ფესვები იძლევიან სპექტრალური ფუნქციის პირველი ფესვის ზემოდან მიახლოებას. პირველი ფესვის ზემოდან მიახლოება იძლევა შემდეგ თანმიმდევრობას:

$$\frac{2}{B_1\left(1+\sqrt{\frac{B_2}{B_1^2}-1}\right)},\quad \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{B_2\left(1+\sqrt{2\frac{B_4}{B_2^2}-1}\right)}},$$

რომლის ყოველი მომდევნო წევრი ნაკლებია წინაზე და მეტია სპექტრალური ფუნქციის პირველ ფესვზე

$$z_1<\frac{\sqrt[m]{2}}{\sqrt{B_m\left(1+\sqrt{2\frac{B_{2m}}{B_m^2}-1}\right)}};\quad m=1,\ 2,\ 3,\dots$$

ამრიგად, პირველი სიხშირის კვადრატის მნიშვნელობა აკმაყოფილებს პირობას

$$\frac{1}{\sqrt[2n]{B_{2n}}}<\varphi_1^2<\frac{\sqrt[n]{2}}{\sqrt{B_n\left(1+\sqrt{2\frac{B_{2n}}{B_n^2}-1}\right)}} \qquad (1)$$

მიახლოების გამარტივებისათვის მარცხენა ნაწილში აღებულია $m=2n$. პირველი უტოლობის ზღვრები სწრაფად უახლოვდებიან ერთმანეთს. ჩვეულებრივად

საკმარისია უტოლობაში მივიღოთ $n=1$, მაშინ პირველი სიხშირის კვადრატის მნიშვნელობა იქნება:

$$\frac{1}{\sqrt{B_2}}<\varphi^2<\frac{2}{B_1\left(1+\sqrt{2\frac{B_2}{B_1^2}-1}\right)}.$$

თუკი მარჯვენა მხარეს რადიკალქვეშ მოთავსებული სიდიდე უარყოფითი აღმოჩნდება, მაშინ იგი ჯერადობის ან სპექტრალური ფუნქციის ფესვების სიახლოვის მაჩვენებელია. ამ შემთხვევაში უნდა გადავიდეთ შემდეგ უტოლობაზე და დაუშვათ, რომ $n=2$-ს.

ორი თავისუფლების ხარისხის მქონე სისტემის სიხშირის გამოსათვლელად ამოიხსნება განტოლება

$$1-B_1z+\frac{1}{2}(B_1^2-B_2)z^2=0,$$

საიდანაც

$$\varphi_1^2=\frac{2}{B_1\left(1+\sqrt{2\frac{B_2}{B_1^2}-1}\right)};\quad \varphi_2^2=\frac{2}{B_1\left(1-\sqrt{2\frac{B_2}{B_1^2}-1}\right)}.$$

დიდი თავისუფლების ხარისხის მქონე სიისტემის მაღალი სიხშირეების გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ხერხი: თუ პირველი ფესვის φ_1 მნიშვნელობა ცნობილია, მაშინ შესაძლებელია შევადგინოთ ახალი რიცხვი B'_n შემდეგი ფორმულით

$$B'_n=B_n-\frac{1}{\varphi_1^{2n}}=\sum_{k=2}^{\infty}\frac{1}{\varphi_k^{2n}}.$$

ახალი B'_n რიცხვები განიხილება ისევე, როგორც B_n ისეთი სისტემებისათვის, რომლებიც მოკლებული არიან უნარს რხევა შეასრულონ პირველი სიხშირით. ამიტომ მოცემული სისტემის მეორე სიხშირე იქნება გარდაქმნილი სისტემის პირველი სიხშირე. მაშასადამე, ამ სიხშირის საპოვნელად გამოიყენება ძირითადი უტოლობა, რომელშიც B_n შეიცვლება B'_n-ით.

$$\frac{1}{\sqrt{B'_2}}<\varphi^2<\frac{\sqrt[n]{2}}{B'_1\left(1+\sqrt{2\frac{B'_2}{B'^2_2}+1}\right)}.$$

ეს ხერხი გამოდგება ნებისმიერი φ_k სიხშირის საპოვნელად, თუკი ცნობილია φ_{k-1} სიხშირე. ორმხრივი მიახლოების უტოლობის საერთო ფორმულა ასეთია:

$$\frac{1}{\sqrt[2n]{B_{2n}^{(k-1)}}}<\varphi_k^2<\frac{\sqrt[n]{2}}{\sqrt{B_n^{(k-1)}\left(1+\sqrt{2\frac{B_{2n}^{(k-1)}}{[B_n^{(k-1)}]^2}-1}\right)}},$$

სადაც

$$B_n^{(k-1)}=B_n^{(k-2)}-\frac{1}{\varphi_{k-1}^{2n}}.$$

ამგვარად, ამ მეთოდით თეორიულად შესაძლებელია ნებისმიერი ფესვის მნიშვნელობის გამოანგარიშება ნებისმიერი მიახლოებით, თუკი ცნობილია წინა—უმცროსი ფესვები.

სიხშირის გამოსათვლელად გვიხდება B_n რიცხვების გამოთვლა. სასრულო რიცხვის თავისუფლების მქონე სისტემებისათვის ინტეგრალი შეცვლილია ჯამით, რაც მოგვცემს:

$$B_1=\sum_{i=1}^{n} m_i \delta_{ii} \quad B_2=\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} m_i m_k \delta_{ik}^2$$

$$B_3=\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\sum_{e=1}^{n} m_i m_k m_e \delta_{ik} \delta_{ke} \delta_{ei}$$

. . . .

აქ აჯამვა ვრცელდება ყველა მასაზე.

სიხშირის გამოთვლის ყველა მაგალითმა დაგვიმტკიცა სპექტრალური ფუნქციის მეთოდით გამოთვლის დიდი სიზუსტე ორმხრივ მიახლოებაში. პირველი სიხშირის გამოსათვლელად საკმარისია B_1 და B_2 კოეფიციენტების გამოთვლა, ხოლო მეორე სიხშირისათვის B_3 და B_4-ის გამოთვლა.

ჩვენ მიერ გამოკვლეულია ამ მეთოდის გამოყენება ცვლად კვეთიან კოჭებისათვის. მიახლოებითი ფორმულები, რომლებიც მიღებულია მუდმივ კვეთთან კოჭებისათვის, გამოიყენება ამ შემთხვევაშიც, ოღონდ იმ განსხვავებით, რომ აქ გადაადგილებათა გამოთვლის დროს როგორც გაღუნვის მომენტები, ისე ინერციის მომენტებიც წარმოადგენენ x-ის ფუნქციას, კერძოდ პოლინომებს.

მაშასადამე, გადაადგილებათა გამოსათვლელად დაგვჭირდება რაციონალურ წილადთა ინტეგრირება, რომელიც წარმოებს მათემატიკის ცნობილი ფორმულებით.

ვთქვათ, მოცემულია $\int \frac{f(x)dx}{F(x)}$, სადაც $f(x)$ და $F(x)$ აკმაყოფილებენ ზემომოყვანილ პირობებს. თუ a, b, c ... e არიან მნიშვნელის ფესვები, რომელთა ჯერადობა შესაბამისად არის α, β, γ, x, ამ შემთხვევაში

$$\frac{f(x)}{F(x)}=\frac{A_0}{(x-a)^{\alpha}}+\frac{A_1}{(x-a)^{\alpha-2}}+\cdots+\frac{A_{\alpha-1}}{(x-a)^2}+\frac{A_\alpha}{x-a}+\frac{B_0}{(x-b)^{\beta}}+\frac{B_1}{(x-b)^{\beta-1}}$$
$$+\cdots+\frac{B_\beta}{x-b}+\frac{L}{(x-e)^{x}}+\frac{L_1}{(x-e)^{x-1}}+\frac{L_2}{(x-e)^{x-2}}+\cdots+\frac{L_x}{x-e}.$$

ინტეგრაციის შემდეგ მივიღებთ

$$\frac{A_0}{(1-a)(x-\alpha)^{\alpha-1}}+\cdots+\frac{A_{\alpha} \quad 1}{-(x-2)}+\cdots+\frac{L_0}{(1-\lambda)(x-e)^{\lambda-1}}+\cdots+\frac{L_{x-1}}{-(x-e)}$$
$+A_\alpha l_n(x-a)+ \ldots L_l l_n(x-e)$,

ხოლო შეკრების შემდეგ მივიღებთ

$$\int \frac{f(x)dx}{F(x)}=\frac{M(x)}{P(x)}+\int \frac{\varphi(x)}{Q(x)}dx,$$

სადაც $\frac{M(x)}{P(x)}$ — ალგებრული ნაწილია.

განწარმოების შემდეგ

$$\frac{f(x)}{F(x)}=\left| \frac{M(x)}{P(x)} \right|'+\frac{\varphi(x)}{Q(x)}.$$

ცხადია, $P(x)$ წარმოადგენს $F(x)$ და $F^1(x)$-ის უდიდეს გამყოფს, რომელიც ჩვეულებრივი ხერხით მოიძებნება.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $Q(x)=\frac{F(x)}{P(x)}$, მივიღებთ:

$$f(x)=\frac{M'(x)P(x)-M(x)P(x)}{[P(x)]^2}F(x)+\varphi(x)P(x).$$

ამრიგად, $f(x)=M(x)Q(x)-M(x)\frac{P'(x)Q(x)}{P(x)}+\varphi(x)P(x)$. ნამრავლი $P'(x)\,Q(x)$ იყოფა $P(x)$-ზე უნაშთოდ. დავუშვათ, რომ $\frac{P'(x)\cdot Q(x)}{P(x)}=N(x)$. მაშინ გვექნება $f(x)=M'(x)\,Q(x)-M(x)\,N(x)+\varphi(x)\,P(x)$. აქ უცნობი პოლინომებია $M(x)$, რომლის ხარისხი $P(x)$ ხარისხზე სულ ცოტა ერთით ნაკლებია მაინცაა, და $\varphi(x)$, რომლის ხარისხი $Q(x)$-ის ხარისხზე ერთით ნაკლებია.

წარმოვიდგინოთ ისინი თავდაპირველად განუზღვრელი კოეფიციენტის საშუალებით, რომელთაც შემდეგ კოეფიციენტთა შედარების ხერხით ამოვხსნით.

რაც შეეხება $\int\frac{\varphi(x)}{Q(x)}\,dx$, იგი ადვილად ამოიხსნება.

წინა საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სპექტრალური ფუნქციის მეთოდი გამოსადეგია ცვლადკვეთიან ძელების შემთხვევაშიც.

მართლაც, სიხშირის გამოსათვლელი კოეფიციენტები იქნება

$$B_1=\int m(x)\,\delta_{xx}\,dx$$
$$B_2=\iint m(x)\,m(y)\,\delta_{xy}^2\,dxdy.$$

. . . .

კოეფიციენტების გამოსათვლელად საჭიროა გადაადგილებათა ცოდნა, რომლებიც გამოითვლება მორის ცნობილი ფორმულით

$$\delta xx=\int\frac{Mx^2\,dx}{EI_x}. \tag{1}$$

ჩვენს შემთხვევაში ინერციის მომენტი ცვლადია და შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:

$$I_x=(x-x_1)\,(x-x_2)\,(x-x_3)\ldots$$

მღუნავი მომენტი

$$M_x=a+bx+cx^2.$$

ამ მნიშვნელობას შევიტანთ (1)-ში და გამოვითვლით გადაადგილებას.

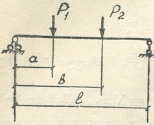
იმ შემთხვევაში კი, როცა მასაც ცვლადია, ინტეგრალი იმავე სახეს იღებს და ზოგჯერ კიდეც მარტივდება, ვინაიდან აქ მასა მამრავლად შედის მრიცხველში.

მოვიყვანოთ ცვლადკვეთიანი კოჭის რხევის სიხშირის გამოთვლის მაგალითი, როდესაც ინერციის მომენტი იცვლება შემდეგი კანონით:

$$\frac{1}{I}=\frac{1}{I_m}\left[1+\alpha\left(1-2\frac{x}{e}\right)^2\right];\quad \alpha=\frac{I_m-I_0}{I_0}.$$

დავტვირთოთ კოჭი P_1 და P_2 ძალებით. კოჭის წონას მხედველობაში არ ვიღებთ. სიხშირის გამოსათვლელად ჯერ გამოვთვალოთ δ_{11}, δ_{12}, δ_{22},

δ_{21} — გადაადგილებები. δ_{11}-ის გამოსათვლელად (1) წერტილში მოვდვათ ერთეული ძალა; მივიღებთ:



$$M_x^{\mathrm{I}} = \frac{e-a}{e}x; \qquad M_x^{\mathrm{II}} = \frac{a(e-x)}{e}.$$

$$\text{მაშინ } \delta_{11} = \int_0^a \frac{M_x^{\mathrm{I}2}\,dx}{EI_x} + \int_a^e \frac{M_x^{\mathrm{II}2}dx}{EI}.$$

ჩავსვათ მნიშვნელობები და ამოვხსნათ ინტეგრალი, მივიღებთ:

$$\delta_{11} = \frac{(e-a)^2a^2}{e^2EI_m}\left[\frac{1}{3} - \frac{\alpha}{3} - \frac{\alpha a}{3} + 0{,}8\,\alpha\frac{a^2}{e^2}\right] + \frac{a^2}{e^2}\,\frac{1}{EI}\Big[(e-a)(e^2+\alpha e^2)$$
$$-(e^2-a^2)(3\alpha e+e) + \frac{e^3}{3}\left(1 - \frac{a^3}{e^3}\right)(13\alpha+\alpha) - \frac{3\alpha}{e}(e^4-a^4) + 0{,}8\,\frac{\alpha}{e^2}(e^5-a^5)\Big].$$

ამავე წესით მოინახება δ_{22}-იც. ამ შემთხვევაში ერთის ტოლ ძალას ვდებთ 2 წერტილში.

δ_{12} გადაადგილების მნიშვნელობა მოინახება შემდეგი ფორმულით:

$$\delta_{12} = \int_0^a \frac{M_{x_1}^{\mathrm{I}}\,M_{x_2}^{\mathrm{II}}\,dx}{EI_x} + \int_a^b \frac{M_{x_1}^{\mathrm{II}}\,M_{x_2}^{\mathrm{I}}\,dx}{EI_x} + \int_b^e \frac{M_{x\,1}^{\mathrm{II}}\,M_{x\,2}^{\mathrm{II}}\,dx}{FI_x}.$$

გადაადგილების გამოთვლის შემდეგ მოინახება B_1 და B_2 კოეფიციენტები:

$$B_1 = m_1\,\delta_{11} + m_2\delta_{22}$$
$$B_2 = m_1^2\,\delta_{11}^2 + m_2^2\,\delta_{22} + 2m_1\,m_2\,\delta_{12}^2,$$

საიდანაც

$$z_1 > \frac{1}{B_1}$$
$$\varphi > \sqrt{z}.$$

სიხშირის მნიშვნელობის მეორე მიახლოების განსაზღვრისათვის მოვძებნით B_2-ს.

სიხშირის მნიშვნელობა მოთავსებული იქნება ზღვრებში:

$$\frac{1}{\sqrt{B_2}} < Z_2 < \frac{2}{B_1\left[1+\sqrt{2\frac{B_2}{B_1}-1}\right]}.$$

ჩვენ მიერ ამოხსნილმა მაგალითებმა, რომლებიც დატვირთვის სხვადასხვა შემთხვევებს ითვალისწინებს, დაგვანახვეს, რომ სპექტრალური ფუნქციის მეთოდის განზოგადება ცვლადკვეთიანი კოჭების სიხშირის გამოსათვლელად სასურველ შედეგს იძლევა. მიღებული შედეგი მით უფრო საიმედოა, რომ იგი მოთავსებულია ზედა და ქვედა ზღვრებს შორის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 10.10.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. С. А. Бернштейн. Новый метод вычисления, часть колебаный. М., 1941.

(1 δ_{xx} და δ_{yy}-ის მოსაძებნად ჩვენ მიერ შედგენილია სათანადო ცხრილები.

ექსპერიმენტული მედიცინა

ი. მახათაძე და გ. გზირიშვილი

კუჭის მექანიკური გაღიზიანების დროს გულის ფუნქციური ცვლილებების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ერისთავმა 12.9.1953)

კუჭის ინტერორეცეპტორების მექანიკური გაღიზიანებით გამოწვეულ გულის რიტმის რეფლექსურ ცვლილებებს მრავალი მეცნიერი სწავლობდა (სიმანოვსკი, დმიტრენკო, კეკჩეევი და კავტარინა, პეტროვა, ლევინი [5,6,7,8,]), მაგრამ საკითხის მთლიანად შესწავლა ჯერ კიდევ დაუმთავრებულია. ამას მიღებული შედეგების სხვადასხვაობაც ადასტურებს.

დიდ თეორიულ მნიშვნელობასთან ერთად აღნიშნული საკითხი არც პრაქტიკულ ინტერესსაა მოკლებული, ვინაიდან კლინიცისტებმა (ბოტკინი, ბრეიტმანი, გრუზდევა [2,4]) დიდი ხანია შენიშნეს დამოკიდებულება გულის ფუნქციურ დაავადებებსა და კუჭნაწლავის ტრაქტის პათოლოგიურ მდგომარეობას შორის.

ჩვენ შევეცადეთ კუჭის ლორწოვანის ადეკვატური გაღიზიანებით გამოწვეული გულის ფუნქციური ცვლილებები ელექტროკარდიოგრაფიული მეთოდით შეგვესწავლა.

მეთოდი

ცდები წარმოებდა კუჭისფისტულიან ძაღლებზე. კუჭის მექანიკურ გამღიზიანებლად ჰაერით გაბერილ რეზინის ბუშტს ვიყენებდით. ელექტროკარდიოგრამა მეორე განხრით იწერებოდა სამ მომენტში: კუჭში რეზინის ბუშტის შეყვანამდე, ბუშტის შეყვანისა და გაბერვის შემდეგ.

ცხოველი ცდის დროს იზოლირებულ ოთახში იმყოფებოდა და მის საქციელს თვალყურს ვადევნებდით კედელში სპეციალურად გაკეთებული ხვრელიდან.

კუჭში წნევას ვზომავდით წყლის მანომეტრის საშუალებით.

5 ძაღლზე წარმოებული 7 ცდით მიღებული შედეგები მოყვანილია პირველ ცხრილში.

როგორც ელექტროკარდიოგრამებიდან, ისე ცხრილიდან ნათლად ჩანს დამოკიდებულება, რომელიც გულის რიტმის ცვლილებებსა და კუჭის მექანიკური გაღიზიანების ხარისხს შორის არსებობს, სახელდობრ: კუჭის ლორწოვანის ისეთ სუსტ მექანიკურ გაღიზიანებას, რომელსაც გაუბერავი რეზინის ბუშტის კუჭში შეყვანა იწვევს, გული რიტმის გაიშვიათებით უპასუხებს. კუჭში შეტანილი ბუშტის გაბერვა 350—500 კუბ. სმ ჰაერით არა თუ უფრო აიშვიათებს რიტმს, არამედ მისი გახშირების მიზეზიც კი ხდება. რიტმის სიხშირე მხოლოდ ორ შემთხვევაში (ცდა № 4 და № 6) აღემატებოდა საწყის მდგომარეობას, ოთხ შემთხვევაში (ცდა №№ 1,2,5,7) უახლოვდება ან თითქმის იგივეა, რაც საწყისი სიხშირე, ხოლო ერთ შემთხვევაში (ცდა № 3), რო-

მელზედაც ქვემოთ გვექნება ლაპარაკი, გაბერვისას გულის რიტმი განსაკუთრებით იშვიათი ხდება.

ცხრილი 1

		RR	რიტმი 1 წუთში	სისტ. მაჩვ.
ძაღლი № 135	I. კუჭის გაღიზიანებამდე	0,75	80	40
1952 წლის	II. რეზინის ბუშტის შეყვანისას	1,4	42	21
12/VII	III. ბუშტის ჰაერით გაბერვისას (500 კუბ. სმ ჰაერი)	0,75	80	40
ძაღლი № 42	I. კუჭის გაღიზიანებამდე	0,7	85	35
1952 წლის	II. რეზინის ბუშტის შეყვანისას	1,2	50	20
14/VII	III. ბუშტის ჰაერით გაბერვისას (350 კუბ. სმ ჰაერი)	0,8	75	31
ძაღლი № 142	I. კუჭის გაღიზიანებამდე	0,95	63	26
1952 წლის	II. რეზინის ბუშტის შეყვანისას	1,3	46	19
20/VII	III. ბუშტის ჰაერით გაბერვისას (350 კუბ. სმ ჰაერი)	1,9	31	13
ძაღლი № 42	I. კუჭის გაღიზიანებამდე	0,7	85	28
1953 წლის	II. რეზინის ბუშტის შეყვანისას	1,1	51	22
25/VII	III. ბუშტის ჰაერით გაბერვისას (500 კუბ. სმ ჰაერი)	0,65	92	38
ძაღლი № 96	I. კუჭის გაღიზიანებამდე	0,5	120	40
1953 წლის	II. რეზინის ბუშტის შეყვანისას	0,75	80	28
	III. ბუშტით ჰაერით გაბერვისას (2350 კუბ. სმ ჰაერი)	0,55	109	45
ძაღლი № 42	I. კუჭის გაღიზიანებამდე	0,7	85	24
1952 წლის	II. რეზინის ბუშტის შეყვანისას	0,85	70	23
27/IX	III. ბუშტის ჰაერით გაბერვისას (500 კუბ. სმ ჰაერი)	0,6	100	36
ძაღლი № 96	I. კუჭის გაღიზიანებამდე	0,5	120	34
1952 წლის	II. რეზინის ბუშტის შეყვანისას	0,8	75	20
30/IX	III. ბუშტის ჰაერით გაბერვისას (500 კუბ. სმ ჰაერი)	0,65	92	23

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგი (სუსტი გაღიზიანებისას გულის რიტმის გაიშვიათება, ძლიერი გაღიზიანებისას—მისი გახშირება) მით უფრო საყურადღებოა, რომ დღემდე კუჭის მექანიკური გაღიზიანების შედეგად რეფლექსურად გამოწვეული გულის ფუნქციური ცვლილებების საკითხში აზრთა სხვადასხვაობაა. ასე, მაგ.: მაიერმა და პრიბრამმა (1872 წ.) ძაღლის კუჭის მექანიკური გაღიზიანებით (გაბერვა, ლორწოვანზე პინცეტით ბწკენა, ძლიერი ინდუქციური დენით მოქმედება) გულის მუშაობის შენელება მიიღეს. კუჭის ლორწოვანას იმავე სახის მექანიკური გაღიზიანებით სიმანოვსკიმაც ანალოგიური შედეგები მიიღო. დმიტრენკო მწვავე ცდებში ძაღლის კუჭის გაბერვისას უმრავლეს შემთხვევებში გულის რიტმის გახშირებას აღნიშნავს [5]. კეკჩეევმა და კავტარინამ [6] (1942) ელექტროკარდიოგრაფიით, ძაღლების კუჭის მექანიკური გაღიზიანებისას (400—600 კუბ. სმ თბილი წყალი) ცდების უმრავლესობაში პულსის გაიშვიათება მიიღეს, რაც, მათი აზრით, ცთომილი ნერვების შემაკავებელი მოქმედების გაძლიერების შედეგია.

კლინიკურ მასალაზე დაყრდნობით მ. ჩაჩავა [1] რეზეცირებული კუჭის შებერილობის ერთ-ერთ საყურადღებო გართულებად ტაქიკარდიას თვლის,

რაც საგრძნობლად მცირდება კუჭის ამორეცხვის ან შიგთავსისაგან ზონდის საშუალებით განთავისუფლების შედეგად.

ამრიგად, ლიტერატურული მონაცემებით ცხადი ხდება, რომ მკვლევართა ერთი ჯგუფი კუჭის ლორწოვანას მექანიკური გაღიზიანებით გამოწვეულ გულის ფუნქციურ ცვლილებებს რიტმის გაიშვიათებაში ხედავს, ხოლო მეორე ჯგუფი—რიტმის გახშირებაში.

ვიდრე ჩვენ მიერ მიღებულ შედეგებზე ვილაპარაკებდეთ, საჭიროა აღინიშნოს კუჭიდან გულზე რეფლექსური მოქმედების აფერენტული გზები. მკვლევართა უმრავლესობა [6] ასეთ გზად ცთომილ ნერვს თვლის, ლ. დმიტრენკომ კი მთელი რიგი დამაჯერებელი ცდებით დაამტკიცა აფერენტული გზების როგორც ცთომილ, ისე სიმპათიკურ ნერვში არსებობა და კუჭის მექანიკური გაღიზიანებისას გულის რიტმის გახშირების უშუალო მიზეზად სიმპათიკური ნერვის ადვილად აღგზნებადობა აღიარა. მისი აზრით, კუჭის გაღიზიანებისას აღიგზნება როგორც ცთომილი, ისე შიგნეულობის ნერვი, მაგრამ უკანასკნელის აღგზნება სჭარბობს და ამიტომაა, რომ ამაჩქარებლების აღგზნებით გამოწვეული პულსის სიხშირე ფარავს ცთომილი ნერვის შემაკავებელ გავლენას [5].

მ. უდელნოვის აზრით [9], ცთომილი და სიმპათიკური ნერვების ერთდროული გაღიზიანება გულის შეკავებას იძლევა და არ განსხვავდება იმ ეფექტისაგან, რომელსაც მარტო ცთომილი ნერვის გაღიზიანება მოგვცემდა. მისი აზრით, ერთდროული გაღიზიანებისას ცთომილი ნერვის მოქმედება გაცილებით უფრო ძლიერია, ვიდრე იზოლირებულისა.

თუ კუჭის რეცეპტორული ველის მექანიკური გაღიზიანებისას იმპულსების ცენტრისაკენ გადაცემის საქმეში წამყვან როლს ცთომილი ნერვი ასრულებს, მაშინ როგორ უნდა ავხსნათ ჩვენ მიერ მიღებული შედეგი, როცა კუჭის ლორწოვანის სუსტი გაღიზიანება გულის რიტმის შენელებას, ხოლო ძლიერი გაღიზიანება რიტმის გახშირებას იწვევს?

ჩვენი აზრით, მიღებული ფაქტის სხვა გზით ახსნა შეუძლებელია, თუ არ დავეთანხმეთ ნ. ვედენსკის თვალსაზრისს. თავის კლასიკურ ცდებში ნერვ-კუნთის პრეპარატზე ნ. ვედენსკის მიერ დამტკიცებულ იქნა [3], რომ გარკვეული თანამიმდევრობით მიმავალი აღგზნებები (ოპტიმალური) ერთმანეთს აძლიერებენ და შედეგად კუნთის მომატებულ რეაქციას ვღებულობთ; იმ შემთხვევაში კი, როცა აღგზნების ტალღების რიტმი ძლიერ ხშირია, რასაც ადგილი აქვს ძლიერი გაღიზიანების დროს ნერვულ დაბოლოებებში, ე. ი. უმცირესი ლაბილობის მიდამოებში, ტალღები ერთმანეთს ეჯახებიან და მაშინ მდგრადი ურყევი აღგზნება—პარაბიოზი—ვითარდება. უკანასკნელის დროს აღგზნების კუნთზე გადასვლა შეუძლებელი ხდება და კუნთის რეაქცია კავდება.

ეჭვს გარეშეა, რომ ზემოაღნიშნული ნათელს ფენს ჩვენ მიერ მიღებულ შედეგებსაც. სახელდობრ: გაუბერავი რეზინის ბუშტი ოპტიმალურ გამღიზიანებელს წარმოადგენს კუჭის ცთომილი ნერვისათვის, რაც რეფლექსურად გულის რიტმის შენელების რეაქციით მჟღავნდება, ხოლო 350—500 კუბ. სმ ჰაერის შეყვანა წარმოადგენს პესიმალურ გამღიზიანებელს, რასაც თან მოჰყვება ცთომილი ნერვის აქტიური შეკავება—პარაბიოზი, ეს კი გულის რიტმის გახშირებას იწვევს.

ჩვენ მიერ მიღებულ მონაცემებიდან საყურადღებოა აგრეთვე სისტოლური მაჩვენებლის ცვალებადობა.

ცდების თითქმის ყველა შემთხვევაში კუჭში გაუბერავი ბუშტის შეყვანისას სისტოლური მაჩვენებელი მკვეთრად მცირდება, რაც მიოკარდიუმის

ფუნქციის გაძლიერებაზე ლაპარაკობს (იხ. ცხრილი 1). გაბერვის დროს სისტოლური მაჩვენებლები, პირიქით, დიდდება და სამ ცდაში (№ 4,5,6) საწყისსაც კი გადააჭარბა, რაც მიოკარდიუმის ფუნქციის დაქვეითების შედეგია.

ბოლოს ჩვენი ყურადღება მიიპყრო მე-3 ცდით მიღებულმა შედეგებმა, რომლებიც დიამეტრალურად ეწინააღმდეგება დანარჩენი 6 ცდით მიღებულ შედეგებს. საქმე ისაა, რომ მე-3 ცდაში, ისე როგორც ჩვენ მიერ აღწერილ სხვა შემთხვევებში, გულის რიტმის შენელება დაიწყო კუჭში რეზინის ბუშტის შეყვანის მომენტიდან, მაგრამ ბუშტის 350 კუბ. სმ ჰაერით გაბერვას, ნაცვლად აჩქარებისა, რიტმის მკვეთრი გაიშვიათება მოჰყვა. საცდელი ცხოველი იმით განსხვავდებოდა დანარჩენებისაგან, რომ მას მთელი თვის განმავლობაში აღენიშნებოდა მდგრადი, მწვავე გასტრიტის მოვლენები (რაზედაც მიგვითითებდა კუჭის ჰემორაგიული წვენი ძლიერ მომატებული მჟავობითა და ლორწოს დიდი რაოდენობით), რამაც ცხოველი დაღუპვამდე მიიყვანა.

მიღებული შედეგები უდაოდ ანთებადი კუჭიდან მომავალი რეფლექსების გაუკუღმართებაზე მიგვითითებს, რომლის დეტალურად შესწავლა კვლევის შემდგომი ეტაპით გვაქვს განზრახული.

დასკვნა

კუჭის მექანიკურ გაღიზიანებაზე, გამღიზიანებელი ძალის ოდენობისდა მიხედვით, გულს შეუძლია უპასუხოს როგორც შენელებული, ისე აჩქარებული რიტმით. კერძოდ, სუსტი მექანიკური გაღიზიანება რიტმის შენელებას, ხოლო ძლიერი გაღიზიანება მის აჩქარებას იწვევს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა და
ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.9.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. მ. ჩაჩავა. წყლულოვანი დაავადების ქირურგიული მკურნალობა. მედგამომცემლობა, თბილისი, 1951.
2. М. Я. Брейтман. Симптоматология брюшной жабы. Практический врач., т. 12, 1913, № 14—15.
3. Н. Е. Введенский. Избранные произведения. Медгиз, М., 1952, стр. 396—417.
4. С. Груздева. О грудных жабах несердечного происхождения. Врач. № 50. 1894, стр. 1371.
5. Л. Ф. Дмитренко. О рефлексе со стороны желудка на кровообращение и дыхание. Одесса, 1916.
6. К. Х. Кекчеев, А. В. Кавтарина. Влияние раздражения интерорецепторов желудка на деятельность сердца. Бюллетень эксперим. биол. и медицины. № 9, 1942.
7. А. И. Левин. О функциональной связи желудка и сердечно-сосудистой системы. Автореферат. Киев, 1952.
8. Е. Г. Петрова. О роли коры головного мозга в функциональных взаимоотношениях желудочно-кишечного аппарата и сердца. В кн. Научное совещание по проблемам Физиологии и патологии пищеварения. т. I, Л., 1951, ст. 46—47.
9. М. Г. Удельнов и А. И. Яковлев. К вопросу о генезисе зубца Т электрокардиограммы сердца. В книге „Первая сессия Московского общества Физиологов, биохимиков и фармакологов". М.—Л., 1941, ст. 246—248.

ენათმეცნიერება

კ. წერეთელი

ქართული ეთნიკური ტერმინის „მესხ“-ის ისტორიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. წერეთელმა 16.10.1953)

ამა თუ იმ ხალხის წარმოშობისა და ისტორიის—ეთნოგენეზის პრობლემის გარკვევაში მკვლევარს დიდ დახმარებას უწევს სათანადო ეთნონიმიკისა და ტოპონიმიკის შესწავლა.

ჩვენს მიზანს ერთ-ერთი ქართული ეთნიკური ტერმინის—„მესხის“ ისტორია წარმოადგენს. ამ და სხვა ქართული ეთნიკური ტერმინებისა და ტოპონიმიკის ანალიზი, მათი ისტორიულ ასპექტში შესწავლა სტალინის საენათმეცნიერო მითითებათა საფუძველზე მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს ქართველ ტომთა ეთნოგენეზის დადგენაში და ნათელს მოჰფენს ჩვენი ხალხის უძველეს ისტორიას.

ივ. ჯავახიშვილი ქართ. „მესხ“-ს უკავშირებს ებრ. ბიბლიის ერთ-ერთი ეთნარქის სახელს—მეშექ-ს (משך), აქადური წარწერების მუშქ-ს (mušk) და ბერძნული წყაროების მოსხოჲ-ს (Μόσχοι). იგი წერს: „ქართველ ტომთა სახელები კარგად სცოდნია აგრეთვე დაბადების I წიგნის შემდგენელს, ან მის წყაროს. თავთავის ადგილას უკვე მოხსენებული იყო, რომ იქ აღნიშნული არიან „ტუბალი“ და „მეშეხი“... ([1], გვ. 27). იმავე შრომაში ვკითხულობთ: „მუსკი“ ანუ „მუშკი“ დაბადებაში „მეშეხად“ იწოდება (მოსე I, თ. 10; ეზეკიელი XXVII, 13; XXX, 36; XXXVIII, 2; XXXIX, 1); ბერძნების ისტორიკოსები კი მათ VI საუკუნიდან მოყოლებული მოსხებს („მოსხოჲ“) და მესხებს („მესხოჲ“) ეძახიან...“ ([1], გვ. 22). ივ. ჯავახიშვილისათვის ქართველი „მესხები“ და აქად. მუშქებისა და ებრ. მეშეხის (ასევე ბერძნ. მოსხოჲ-ს) იგივეობა იჭვს არ იწვევს: „...რომ ყველა ეს სახელები: მუსკი, მოსხი, მუშკი, მეშეხი ერთისა და იმავე ქართველი ტომის მესხების საკუთარი სახელია, ეს ისედაც სავსებით ცხადია“ (იქვე, გვ. 22). ამავე აზრისაა ს. ჯანაშიაც. ეს აზრი გატარებულია ყველა მის შრომაში, სადაც კი საუბარია აქადური წყაროებისა თუ ურარტული „მუშქების“, ბერძნ. „მოსხებისა“ თუ ქართ. „მესხების“ შესახებ ([2], გვ. გვ. 3, 7, 9, 65, 153 და სხვ.). ამავე აზრს იზიარებს გ. ახვლედიანიც ([3], გვ. 484).

ქართ. მესხს უკავშირებს ზოგი უცხოელი მკვლევარიც ზემოაღნიშნულ ებრ. משך-სა და ბერძნ. Μόσχοι-ს. ასე, მაგალითად, ცნობილი ებრაისტი ვ. გეზენიუსი თავის ებრაულ ლექსიკონში משך-თან წერს: „საკ. სახ.... მოსხები, მოსხური მთების ხალხი, სახელდობრ: იბერიელები, არმენიელები და კოლხები“ ([4], გვ. 424). იქვე იგი შენიშნავს, რომ „...ჯერ კიდევ ძველ სახელზე (იგულისხმება משך.—კ. წ.) უნდა მიუთითებდეს თბილისის მახლობლად არსებული დღევანდელი მცხეთა“ და მიუთითებს დორნზე.

უცხოელ მკვლევართა დიდი ნაწილი ტოლობის ნიშანს წერს ებრ. מֶשֶׁךְ-სა, აქად. mušku-სა და ბერძნ. Μόσχοι-ს შორის, მაგრამ არას ამბობს მათი ქართ. მესხებთან დაკავშირების შესახებ. ასე, ცნობილი ასირიოლოგი ფრ. დელიჩი აღნიშნავს, რომ ბიბლიის mešek̲ და tubal ეს იგივეა, რაც ბერძნული Μόσχοι καὶ Τιβαρηνοί, რომლებიც ჰეროდოტემ (III, 94; VII, 78) დარიუსის XIX სატრაპიაში შემავალ ტომებად დაასახელა. უფრო ქვემოთ შენიშნულია, რომ ეს ხალხი (mešek̲) იგივე მუშქებია, რომლებიც ტიგლათ-ფილესარ I-ის წარწერაში იხსენიებიან პირველად (1.100 წ. ჩვ. ერ-დე) ([5], გვ. 250). უეჭველი კავშირი აქვს, ე. დორმის მიხედვითაც, აქად. მუსკუ||მუშქუ-ს ბერძნ. მოსხებთან და ებრ. მეშექ-თან ([6], გვ. 39—40).

მკვლევართა ერთი ნაწილი, აიგივეებს რა ბიბლ. mešek̄-ს აქად. mušku-სთან, მას ფრიგიელებად თვლის. ასე, მაგალითად ა. ჲერემიასთან ვკითხულობთ. „თირას (ბიბლიური ეთნოსი — კ. წ.) სახლობს მუსქი — ფრიგიელებიდან (Muski-Phrygiern) მოყოლებული მცირე აზიის დას. უდაბნოს მიმართულებით" [7]. ფრიგიელების ნათესავებად მიაჩნია მუშქები ჰ. ვინკლერსაც [8], ა. გეტცეს [9] და ზოგ სხვასაც (1.

აღნიშნულ შეხედულებათა ავტორები, ძირითადად, ეყრდნობიან ისტორიულ-კულტურულ მონაცემებს და ნაკლებად ითვალისწინებენ ენობრივ მონაცემებს, ტერმინთა ლინგვისტურ ანალიზს. ეს ხარვეზი განსაკუთრებით იგრძნობა სტალინის საენათმეცნიერო შრომების გამოსვლის შემდეგ. წინამდებარე შრომა წარმოადგენს ცდას შეავსოს ეს ხარვეზი და ისტორიკოსებს მიაშველოს ლინგვისტური საბუთიანობა ქართ. ეთნიკური ტერმინის „მესხ"-ის იდენტიფიკაციისათვის (ისტორიისათვის). ამ მიზნით საჭიროა გაირკვეს მიმართება „მესხ" ტერმინისა სხვა ტერმინებთან, რომლებთანაც მას აკავშირებენ (თუ აიგივეებენ).

ებრაულ ბიბლიაში სხვა მრავალ ეთნარქთა სახელწოდებებთან ერთად, რომლებიც ეთნიკურ ტერმინებს (ტომების სახელწოდებებს) წარმოადგენენ, გვხვდება ტერმინი mešek̄ (מֶשֶׁךְ); და სახელდობრ: მოსეს I წიგნის X თავში; პარალიპ. 1_5; ეზეკიელი $\overline{27}_{13}$, 38_2; 32_{26}, 38_3, 39_1; ფსალ. 120_5.

ებრაული mèšek̲ (מֶשֶׁךְ) თავისი აღნაგობით (ბგერითი შედგენილობით) სეგოლატაა, ე. ი. ეკუთვნის ებრაულში გავრცელებულ სახელთა იმ ტიპს, რომელიც წარმოადგენს ორმარცვლიან სახელს მოკლე e-ხმოვნით (∵, ე. წ. სეგოლით) მეორე მარცვალში. აქედან პირველი მარცვალი მახვილიანია, თუმცა ებრაულში მახვილი უმეტესად ულტიმაზეა. ეს გარემოება გამოწვეულია იმით, რომ პირველი მარცვლის ხმოვანი ფუძისეულია, ხოლო მეორე მარცვლისა — შემდეგში განვითარებული, ე. წ. მეშველი ხმოვანი. ეს უკანასკნელი ვითარდება ორმაგად დახურულ ერთმარცვლიან სახელებში ბოლო ორ თანხმოვანს შორის. მეშველი ხმოვანი ყოველთვის სეგოლია (e), თუ ბოლო თანხმოვანი ფარინგალი, გლოტალი ან r-თანხმოვანი არ არის. ასეთ შემთხვევაში, ამ თანხმოვანთა თვისების გამო, სეგოლის ნაცვლად მეშველ ხმოვნად

(1 მუშქების ფრიგიელებთან გაიგივებას ბევრ მეცნიერთან მიუთითებს გრ. ღაფანციანიც ([10], გვ. 144).

ფათახია (a); აქედან ამ ტიპის სახელთა სახელწოდებაც—„სეღოლატა". ამგვარად, ებრაული ფონეტიკის გათვალისწინების საფუძველზე უნდა ითქვას, რომ სიტყვა mešek (מֶשֶׁךְ) მიღებულია ორმაგად დახურული ერთმარცვლიანი სახელიდან. აქვე არ უნდა დაგვავიწყდეს შემდეგი გარემოება: ებრაულში სამი სახის სეღოლატაა. მათ საერთო აქვთ მეშველი ხმოვანი (ყველგან სეღოლია), ხოლო პირველი მარცვლის ხმოვანი (ფუძისეული ხმოვანი) განსხვავებულია: სეღოლი (e), ხოლემი (ō) ან ცერე (ē). პირველი მარცვლის ხმოვანი დამოკიდებულია იმ ერთმარცვლიანი სახელის ხმოვანზე, რომელმაც ეს სეღოლატა მოგვცა. ასე: qėtel < qatl (შდრ. mélek < malk „მეფე", 'éreṣ < 'arṣ „ქვეყანა"), qōtel < qutl (შდრ. qōdeš < qudš „სიწმინდე") და qēṭel < qitl (შდრ. sēper < sipr „წიგნი" და სხვ.). აღნიშნულის მიხედვით mešek-ს მოგვცემდა mašk - სიტყვა.

ებრაული (საერთოსემიტური) პირველადი ვოკალიზმისათვის დამახასიათებელია სამი ძირითადი ხმოვანი: a, u და i. ამ ხმოვანთა მიხედვით ვღებულობთ სეღოლატებს e - ხმოვნით, ō - ხმოვნით და ē - ხმოვნით პირველ მარცვალში. e-ხმოვნიან სეღოლატას მოგვცემდა, აგრეთვე, ერთმარცვლიანი სახელი e - ხმოვნით. e-ხმოვნიანი სეღოლატის სხვა ამოსავალი ფორმა სავსებით გამორიცხულია. ამგვარად, ებრაულში mešek (מֶשֶׁךְ) ფორმა შეიძლება მიღებული იყოს მ ხ ო ლ ო დ mašk ან mešk-იდან.

ებრაულ mešek-ს ჩვეულებრივ უკავშირებენ აქადურ mušku (‖musku)-ს. ეს უკანასკნელი გვხვდება: 1) ტიგლათ-ფილესერ I-ის წარწერაში (1.100 წ. ჩვ. ერ-დე, რვაწახნაგოვანი პრიზმა), სადაც აღნიშნულია „amêlûti mât Muš-ka-a-ja"; 2) ასურნასირპალის (IX საუკ-ის მეორე ნახ. ჩვ. ერ-დე) დიდ ალებასტროს წარწერაში: „mât Muš-ki"; 3) ხორსაბადის სასახლის დარბაზების დიდ წარწერაში (VIII საუკ. ჩვ. ერ-დე): „mât Mu-uš-ki", „mât Mu-us-ki", „mât Mu-us-ka-a-a"; 4) სარგონის ცილინდრულ წარწერაში კუნძულ კვიპროსიდან: „mât Mu-us-ki", „mât Mu-us-ka" (იმავე ხანისა).

ებრაული mešek-ის დაკავშირება აქად. mušku-სთან მართებულია იმდენად, რამდენადაც ორივე ეს ტერმინი ერთსა და იმავე ტომს აღნიშნავს (ამაზე ქვემოთ), მაგრამ მათ შორის ზუსტი ენობრივი კანონზომიერი შესატყვისობა არ არის. როგორც დავინახეთ, mešek შესაძლებელია მიღებული იყოს მხოლოდ mašk ან mešk-იდან. მეორეს მხრით, ვერც mušk-ს მივიღებდით mešek-იდან (ორმარცვლიანი e-ხმოვნიანი სიტყვიდან ერთმარცვლიან u-ხმოვნიან სიტყვას!). აქად. mušk-ის (ე. ი. qutl-ფორმის) შესატყვისი ებრაულში იქნებოდა mōšek (מֹשֶׁךְ, מוֹשֶׁךְ) ფორმა, როგორც ეს ზემოთ მოცემული მსჯელობიდან ჩანს: ბოლო ორ თანხმოვანს š და k-ს შორის მეშველი სეღოლი, ხოლო პირველ ღია მახვილიან მარცვალში u > ō. ასეთი ფორმა დადასტურებულია ბიბლიის სამარიტანულ ხელნაწერებში: מוֹשֶׁךְ (mōšek), რომლის გვერდით ხმოვანთა ასიმილაციით მიღებული ფორმა מוֹשׁוֹךְ (mōšok)-იც გვხდება.

ბერძნულ LXX-ში ებრ. mešek-ის შესატყვისად გვხვდება mósoḫ (Μόσοχ)[1]. თავისი ფორმით ეს უკანასკნელი მთლიანად ემთხვევა სამარიტანულ mōšok-ს.

[1] ფრ. დელიჩი ამის მიხედვით ასწორებს ებრ. mešek-ის დაწერილობას ([5], გვ. 250).

mosoḫ-ის გვერდით ბერძნულ წყაროებში გვხვდება სიტყვა mosḫoi (Μόσχοι), რაც ტომის სახელწოდებას წარმოადგენს მრ. რიცხვში — „მოსხები“ და ისტორიულად შეესატყვისება აქადური წარწერების mušk-ს. Μόσχοι (მოსხები) და აქედან ნაწარმოები ზედსართავი — Μοσχικά (მოსხური), nom. loci — ἡ Μοσχική (მოსხების ქვეყანა, როგორც ἡ Λαζική — ლაზების ქვეყანა, ლაზეთი) გვხვდება ჰეკატე მილეთელიდან მოყოლებული სხვადასხვა ბერძენ ავტორთან (ჰეროდოტე, სტრაბონი, პტოლემე-კლაუდიოსი, სტეფანე ბიზანტიელი და სხვ.) ([11], გვ. გვ. 3, 9, 56—57, 137, 138, 244, 263).

ამგვარად, ბერძნულ წყაროებში (VI ს-მდე ჩვენი წელთაღრიცხვით) დასტურდება ორი ფუძე ჩვენთვის საინტერესო სახელისათვის: mosoḫ, რომელიც მხოლოდ LXX-ში (ე. ი. ბერძნულ ბიბლიაში) გვხვდება და mosḫ (აქედან: mosḫoi, mosḫikē), რომელიც ბერძენ ავტორებთანაა მოცემული. მოგვიანო ხანის (VI ს-ის შემდეგ) ბერძნულ ძეგლებში Μόσχοι-ს ნაცვლად Μέσχοι გვხვდება (მაგალითად, VI ს-ის მოღვაწესთან პროკოფი კესარიელთან „de bello Gothico“-ში, 4_2). (ამ ფუძეთა ურთიერთმიმართების საკითხს ქვემოთ შევეხებით).

განსაკუთრებული ყურადღების ღირსია ხუნძურში ხმარებული ეთნიკური ტერმინი „მოსოქ“ (პ. უსლარი), „მოსექ“ (ივ. ჯავახიშვილი), „მოსოხ“ (ი. ცერცვაძე. ამ უკანასკნელის მიხედვით ზოგჯერ „მოსოჴ“-იც მოისმის)[1].

„მოსოქ“-ს ვხვდებით პ. უსლარის მიერ ჩაწერილ ხუნძურ სიმღერაში, რომელიც ხუნძების ქართველებზე თავდასხმასა და ერეკლე მეფესთან შეტაკებას აღწერს ([12], გვ. 17—32). ამ სიმღერაში „მოსოქ“ (უსლართან — Моҁок) თუშებთან ერთადაა ნახსენები: ерéклiханасул баiрak бiнула, баiрak сóјрун рӯго тушгун мо Моҁóк („ერეკლე მეფის დროშა მოჩანს. დროშა გარშემორტყმულია თუშებითა და მოსოქებით“) ([12], გვ. 24).

ამ „მოსოქების“ შესახებ პ. უსლარი წერს: „(Мосоки)... Название весьма древнее на Кавказе: библейский Мосох, классические Moschi. Под этим названием горцы подразумевают вообще жителей нынешнего Туше-Пшаво-Хевсурского Округа, т. е. Пшавов и Хевсур“ ([12], გვ. 26). ამგვარად, „მოსოქ“-ის ამ განმარტების მიხედვით, ხუნძური „მოსოქ“ კავკასიაში მეტად ძველი ტერმინია და შეესატყვისება ბიბლიურ მოსოხ“-სა და ბერძნულ mosḫoi-ს (უსლართან — mosḫi-ს).

ივ. ჯავახიშვილი წერს, რომ „... ლეკები თუშებს ეხლაც „მოსექ“-ებს, ესე იგი „მოსოხებს ეძახიან“ ([1], გვ. 22).

არნ. ჩიქობავას ცნობით, „მოსოქებში“ ხუნძები ხევსურებს უნდა გულისხმობდნენ[2].

ებრაული mešek, სამარიტ. mōšek და mōšok, აქად. mušku, ბერძნული mosoḫ, mosḫ(oi) და mesḫ(oi)-ისა და ხუნძური mosok, mosoḫ-ის ურთიერთ-

---

[1] ხუნძურ „მოსოხ“-ზე ჩვენი ყურადღება მიაქცია დოც. ი. ცერცვაძემ, რისთვისაც მადლობას მოვახსენებთ.

[2] ცნობის მოწოდებისათვის პროფ. არნ. ჩიქობავას მადლობას მოვახსენებთ.

შედარებას მივყევართ იმ დასკვნამდე, რომ აქ საქმე გვაქვს ერთი და იმავე ტომობრივი სახელის ორგვარ გადმოცემასთან. ერთი საფუძვლად დაედო ებრ. mešeḵ-სა და ბერძ. mesḫ(oi)-ს, ხოლო მეორე — ყველა დანარჩენს. ამასთანავე, ზემოაღნიშნულ ტერმინთა ანალიზმა დაადასტურა, რომ mešeḵ-ს საფუძვლად უნდა დადებოდა mašk/mešk ფორმა, ე. ი. a/e-ხმოვნიანი ვარიანტი, ხოლო mōšeḵ, mōšoḵ, mosoḫ, mosḫ, mušku || musku, mosok-ს mušk/musk ფორმა, ე. ი. u-ხმოვნიანი ვარიანტი.

მოცემულ ტერმინთა ფუნქციონალური იდენტობა დასტურდება ისტორიულ-კულტურული და გეოგრაფიული რეალიებით, რაც არა ერთხელ ყოფილა მეცნიერთა მსჯელობის საგანი (ივ. ჯავახიშვილი, ს. ჯანაშია და სხვ.). ჩვენ მათზე აქ არ შევჩერდებით (იგი ცნობილია!), მხოლოდ ხაზს გავუსვამთ იმ გარემოებას, რომ ზემოაღნიშნული ეთნიკური ტერმინების ლინგვისტური ანალიზი ამ ტერმინთა შინაარსეულ იდენტობასთან ერთად მიუთითებს ორი პარალელური ფორმის არსებობაზე ერთი ეთნიკური ტერმინის გადმოსაცემად აქადურ, ებრაულ, სამარიტანულ და ბერძნულ წყაროებში. ასეთ ეთნიკურ ტერმინად ჩვენ გვეგულება ქართული „მ ე ს ხ ი“, რომლის ვარიანტად მიიჩნევენ u-ხმოვნიან ფუძესაც—მუსხ-ს (ს. ჯანაშია, გ. ახვლედიანი, არნ. ჩიქობავა, რ. ბლაიხშტაინერი). ეს უკანასკნელი, როგორც ცნობილია, დაცულია მესხეთის სოფლის სახელწოდებაში—მ უ ს ხ ი და გვარ-სახელებში—მ უ ს ხ ე ლ ი და მ უ ს ხ ე ლ ი შ ვ ი ლ ი. ამგვარად, თვით ქართულ სინამდვილეში დასტურდება ერთი და იმავე ეთნიკური ტერმინის ორი ვარიანტი: e-ხმოვნით—მესხ-ი და u-ხმოვნით—მუსხ-ი.

მესხ||მუსხ-ის კანონზომიერ გადმოცემას წარმოადგენს ჩვენს მიერ ზემოთ განხილული ეთნიკური ტერმინები; სახელდობრ: მუსხ-ის გადმოცემას ვხვდებით mušk-ფორმაში, ხოლო მესხ-ისას mešk-ფორმაში, რომელთაგან, როგორც ეს ზემოთ მოცემული მსჯელობიდან ჩანდა, მივიღეთ ებრ. ბიბლ. mešeḵ (מֶשֶׁךְ) ერთის მხრით და აქად. mušku/musku და სამარიტ. mōšeḵ/mōšoḵ (מוֹשֶׁךְ, מוֹשׁוֹךְ)—მეორეს მხრით. ქართული ხმოვნები უცხოურ წყაროებში უცვლელად გადმოდის: ე>e, ხოლო უ>u (რომელიც შემდეგში სამარიტ. ენის ფონეტიკ. თვისებათა გამო >ō). რაც შეეხება თანხმოვნებს, აქაც კანონზომიერი შესატყვისობა გვაქვს. სახელდობრ, რამდენადაც ებრაული და აქადური შიშინა წრის ენებია, ქართ. ს š-ს სახით გადმოვიდა, ხოლო ხ-ს k-თი გადმოცემა (k || ḫ-ს მონაცვლეობა) სიტყვათა სესხებისას სხვადასხვა ენაში ჩვეულებრივი მოვლენაა და რაიმე ეჭვს არ იწვევს. ამგვარად, სემიტური mešk და mušk ქართ. „მესხ“ და „მუსხ“-ის სავსებით კანონზომიერი შესატყვისია.

ზემოთ უკვე იყო საუბარი ბერძნულში მოცემული სახელისათვის ორი ფუძის (mosoḫ და mosḫ) ხმარების შესახებ. იქვე შენიშნულია, რომ mosoḫ გვხვდება მხოლოდ ბერძნულ ბიბლიაში, ე. ი. ებრაულიდან ნათარგმნ ძეგლში, ხოლო mosḫ-ფუძე—ორიგინალურ ბერძნულ ძეგლებში. თუ გავითვალისწინებთ იმასაც, რომ ბერძნულისათვის სახელის ფუძის შეკუმშვა დამახასიათებელი არ არის, მაშინ mosḫ-ფუძეს ვერ ვივარაუდებთ mosoḫ-იდან მიღებუ-

ლად[1] და, ამდენადვე, სავსებით ბუნებრივია mosoḫ და mosḫ ბერძნულში სხვადასხვა გზით შემოსულად ვიგულვოთ. mosoḫ (Μοσόχ) ბიბლიური ფორმაა ბერძნულში და მისი ამოსავალი ფორმა, ცხადია, პირველ რიგში ორიგინალში უნდა ვეძებოთ. მართლაც, ებრაულში უნდა ყოფილიყო ამის ზუსტი შესატყვისი ფორმა, რომელიც, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ბიბლიის სამარიტანულ ხელნაწერებშია დაცული—mōšok (מושך). ყოველივე ეს გვაფიქრებინებს, რომ „სეპტანტას" Μοσόχ ებრაული ორიგინალიდან მომდინარეობს (mōšok < ბერძნ. mosoḫ) და ამ მხრით (სესხების თვალსაზრისით) არ უკავშირდება mosḫ-ფუძეს. (ეს უკანასკნელი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ორიგინალურ ბერძნულ ძეგლებშია დადასტურებული). აქვე ხაზი უნდა გავუსვათ იმას, რომ ბიბლიური ტექსტების გარდა mosoḫ-ფუძე ბერძნულში არ გვხვდება; სათანადო ეთნოსის აღსანიშნად ყველგან mosḫ-ფუძე იხმარება. ეს გარემოება ცხადად მეტყველებს mosḫ-ის პრიორიტეტზე ბერძნულისათვის, ამ ფუძის განსაკუთრებულ გავრცელებაზე ბერძნულში. საიდან უნდა მოდიოდეს ბერძნული mosḫ? რამდენადაც ბერძნული ენა სისინებით გადმოსცემს შიშინა ბგერებს, ამდენად, სავსებით კანონზომიერია mosḫ მოდიოდეს აქად. mušk-იდან (შდრ. mōšok >mosoḫ)[2]. მაგრამ არსებობს სხვა შესაძლებლობაც: ბერძნ. mosḫ უშუალოდ გადმოსცემდეს ქართ. მუსხ-ს. ასეთ ვარაუდს ლინგვისტურად არავითარი დაბრკოლება არ ახლავს. თუ გავიხსენებთ იმასაც, რომ ანტიკურ პერიოდში და შემდგომაც ბერძნები და ქართველი ტომები ხშირად მოდიოდნენ მჭიდრო ურთიერთშეხებაში, მაშინ „მუსხ"-ის უშუალოდ შესვლას ბერძნულში Μόσχ-ის სახით მეტი საფუძველი აქვს[3]. სწორედ ამ უკანასკნელი გარემოებით უნდა აიხსნას Μέσχοι-ფორმა ბერძნულში.

ხუნძური mosoḫ (mosok)-ის ხმარება ქართველი მთიელების აღსანიშნად ამჟამად ცოცხალი არ არის. ქართველ მთიელებს ისევე, როგორც ქართველებს საერთოდ, ხუნძები „გურჯებს" უწოდებენ. ტერმინი mosoḫ (mosok) მხოლოდ ძველ სიმღერებში გვხვდება. პ. უსლარი იმ სიმღერის მიმართ, სადაც „მოსოქი" იხმარება, შენიშნავს, რომ ეს სიმღერა XVIII-ის ბოლოს უნდა იყოს შეთხზული ([12], გვ. 17).

აღსანიშნავია, რომ ძველ სიმღერებში ხმარებულ „მოსოხს" („მოსოქს") მხოლოდ მოხუცები განმარტავენ. ახალ თაობას ეს სიტყვა არ ესმის. ეს ფაქტი უნდა მიუთითებდეს იმაზე, რომ ხუნძური „მოსოხ" („მოსოქ") ერთ დროს მეზობელ ქართველების აღსანიშნად იხმარებოდა. ძნელია ამჟამად იმის თქმა, თუ საიდან და რა გზით შემოვიდა ხუნძურში „მოსოხ" („მოსოქ"), ერთი კი ცხადია: ხუნძურში ქართველი მთიელების აღსანიშნად ხმარებული „მოსოხ" („მოსოქ") ქართული ეთნიკური ტერმინია, შეესატყვისება ქართულ ტომობრივ სახელს „მესხს" (უკეთ, მის u-ხმოვნიან ვარიანტს — „მუსხს") და ისევე ბგერს, როგორც სათანადო ბერძნული სახელი Μοσόχ (სეპტანტა), რო-

[1] ასე, მაგალითად, მხ. რ. mosoḫ და აქედან მრ. რ. mosḫoi, ან mosoḫ > mosḫikē (n. loci).

[2] $\varkappa$ და χ-ს მონაცვლეობა ერთსა და იმავე სიტყვებში თვით ბერძნულშიც საკმაოდ გავრცელებული მოვლენაა.

[3] ეს საკითხი დაზუსტებას მოითხოვს.

გორც ეს თავის დროზე პ. უსლარსაც აქვს შემჩნეული, და სამარიტანული mōšok.

ადვილად შესაძლებელია, რომ ხუნძურში „მოსოხ“ (=„მესხ“) ეთნიკ. ტერმინის ხმარება მიუთითებს იმაზე, რომ ერთ-ერთი ქართველი ტომის სახელწოდება „მესხები“ გარკვეულ ეპოქაში „ქართველების“ აღმნიშვნელი ზ ო გ ა დ ი ტერმინი იყო; აქედან — მისი გავრცელება მთის კავკასიელ ხალხებში, კერძოდ ხ უ ნ ძ ე ბ შ ი ქართველების აღსანიშნად (პირველ რიგში მეზობელი ქართველი ტომების: ხევსურების, ფშავებისა და თუშებისა) (შდრ. აგრეთვე [1], გვ. 22).

უცხოურ წყაროებში დადასტურებული ჩვენთვის საინტერესო ეთნიკური ტერმინები: ებრ. méšek, გვიანბერძნ. mesh(oi), სამარიტ. mōšek, mōšok, აქად. mušku (musku), ბერძნ. mosoh, mosh(oi) და ხუნძ. mosok (mosoh) წარმოადგენს ქართული ეთნიკურ ტერმინის მესხ/მუსხ-ის ორივე ვარიანტის გადმოცემას, რაც, თავის მხრით, კიდევ ერთხელ მიუთითებს მოცემული ეთნიკური ტერმინის გადმოცემისას ვოკალურ პარალელიზმზე (u ‖ e). აქვე უნდა შეინიშნოს, რომ ასეთი პარალელიზმი, სახელდობრ u ‖ a, ებრაულ ბიბლიასა და აქადურში სხვა ეთნიკური ტერმინების მიმართაც დასტურდება. ასე, მაგალითად: tabal ‖ tubal, i̯abal ‖ i̯ubal. ამის გამო ს. ჯანაშია შენიშნავდა: „მოვიგონოთ, რომ ამგვარი პარალელები (საუბარია ხარი ‖ ხურის შესახებ—კ. წ.), ვოკალიზმის მხრივ, ჩვეულებრივია ძველი აღმოსავლეთის ეთნიკურ სახელებში: თუბალი—თაბალი; ურარტუ—ალაროდი, არარატი, აირარატი და სხვ.“ ([2], გვ. 7). და უფრო ქვემოთ: „ხმოვანთა პარალელების თვალსაზრისით საყურადღებოა, რომ წინა აზიის უძველეს ეთნიკურ სახელებში, რომელთაც ჩვეულებრივად ქართველურ სამყაროს უკავშირებენ, უ-სა და ა-ს ე-ც ძალიან ხშირად ენაცვლება და ეს უკანასკნელი განვითარების უფრო გვიანდელი ეტაპი ჩანს. შდრ., მაგ., თუბალ—თაბალ—იბერი, მუსკი—მოსხი—მეშეხი—მესხი და სხვ.“ (იქვე). მოვლენა საინტერესოა და ამ ეთნიკური ტერმინების შესწავლისას ანგარიში უნდა გაეწიოს.

რამდენიმე სიტყვა მუშქების ფრიგიელობის შესახებ. როგორც ეს ჩვენ ადრევე აღვნიშნეთ, ზოგიერთი სპეციალისტი აქადურ წარწერებში ხსენებულ მუშქებს (mušku/musku) ფრიგიელებად მიიჩნევს. ასეა ა. ძერემიასთან ჰ. ვინკლერთან, ა. გეტცესთან და სხვ. [7], [8], [9]. ზოგ მკვლევართან აღნიშნულია, რომ მუშქები ფრიგიაში დასახლდნენ, მაგრამ არაფერია ნათქვამი მათ ეთნიკურ ნათესაობაზე ფრიგიელებთან (მაგ. ფრ. დელიჩი [5], ო. შრედერი [13]).

გ. მელიქიშვილისათვის მუშქები იგივე მესხებია, რომლებიც ერთ დროს ფრიგიაში მოსახლეობდნენ, ქმნიდნენ რა ფრიგიელებთან ერთად ერთ სამეფოს ([14], გვ. 138). სამწუხაროდ, აქაც არაფერია ნათქვამი, არსებობს თუ არა ნათესაური კავშირი მუშქებსა და ფრიგიელებს შორის.

ფრიგიელები ინდო-ევროპული მოდგმის ხალხია. მათი ენა დიდ სიახლოვეს იჩენს ბერძნულთან (ცნობილია ფრიგიული ტექსტები, არსებობს სათანადო გრამატიკაც). ამდენად, თუ დავუშვებთ აქადური „მუშქების“ ნათესაობას ფრიგიელებთან (ზოგის მიხედვით—იგივეობასაც!), მაშინ უნდა უარვყოთ მუშქების იდენტიფიკაცია ქართ. ტომებთან—მესხებთან. ამგვარად, საკითხი ასე

დგას: ან მუშქები მესხებია, ქართული მოდგმის ხალხი, ანდა მუშქები ფრიგიული (resp. ინდო-ევროპული) მოდგმის ხალხია და მესხებთან მათი გაიგივება უმართებულოა. ზემოთ უკვე აღნიშნული იყო, რომ მუშქ-ი ქართ. მუსხ-ის (resp. მესხ-ის) კანონზომიერი გადმოცემაა და, მაშასადამე, ქართ. მესხს გულისხმობს. ამდენად, უმართებულოა მუშქების დანათესავება ფრიგიელებთან, მათი ინდო-ევროპული მოდგმის ხალხად გამოცხადება. მართებულად შენიშნავს გრ. ღაფანციანი, რომ „ეს ტომები (მუშქები და ტიბარენები) უდავოდ ქართული წარმოშობისაა, და ამაოდ ბევრი მეცნიერი აიგივებს მოსხებს ფრიგიელებთან, მიიჩნევს რა პირველებსაც ინდო-ევროპელებად“ ([10], გვ. 144). რაც შეეხება ქართ. ტომის—მესხების ოდესღაც ფრიგიაში დამკვიდრებას, ეს საკითხი მეტ დაზუსტებას მოითხოვს და იგი ისტორიკოსების შესწავლის საგანს წარმოადგენს.

ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ:

1. ებრ. ბიბლ. méšeḵ (מֶשֶׁךְ) მოდის ქართ. მესხ-იდან;

2. მესხ-ფუძის პარალელური ფუძე უ-ხმოვნით — მუსხ-ი საფუძვლად უდევს ამ ტერმინის აქადურ, სამარიტანულ, ბერძნულ და ხუნძურ გადმოცემას (mušku, mōšeḵ/mōšoḵ, mosḫ/mosoḫ, mosok);

3. ქართული ტერმინის მესხ||მუსხ-ის ისტორიის გათვალისწინების გარეშე შეუძლებელია ებრ. mešeḵ-ისა და აქად. mušku-ს ერთმანეთთან დაკავშირება;

4. ქართ. მესხ-ი, ეს იგივე აქად. mušk-ია, რაც მესხის პარალელური ფორმის მუსხ-ის კანონზომიერ შესატყვისს წარმოადგენს და, ამდენად, „მუშქების“ ფრიგიელობის საკითხი უარყოფითად წყდება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.11.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ივ. ჯავახიშვილი. ქართველი ერის ისტორია, წ. 1-2, თბილისი, 1913.
2. ს. ჯანაშია. შრომები, ტ. II. თბილისი, 1952.
3. გ. ახვლედიანი. აქემენიდთა ლურსმული წარწერების Mačiyá ხალხის იდენტიფიკაციის საკითხისათვის. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. IV, № 5, 1943.
4. Gesenius-Buhl. Hebräisches Handwörterbuch. 14.-Aufl., Leipzig, 1905.
5. Fr. Delitzsch. Wo lag das Paradies? Leipzig, 1881.
6. E. Dhorme. Les peuples issus de Japhet d'aprés de chapitre X de Genese. Syria, t. XIV, Paris, 1932.
7. A. Jeremias. Das Alte Testament im Lichte des Alten Orients, 3-Aufl., Leipzig, 1916.
8. H. Winckler-ის წერილი ჟურნალში Altorientalische Forschungen, 2.
9. A. Götze. Hethiter, Churriter, und Assyrer. Oslo, 1936.
10. Гр. Капанцян. Хайаса—колыбель армян. Ереван, 1948.
11. В. В. Латышев. Известия древних писателей греческих и латынских о Скифии и Кавказе. Том I. Греческие писатели. С.-П., 1890.
12. П. Услар. Этнография Кавказа. Языкознание, III, Аварский язык. Тифлис, 1889.
13. O. Schröder. Muski. Reallexikon der Vorgeschichte, B. VII, Berlin, 1926.
14. გ. მელიქიშვილი. ურარტუ. თბილისი, 1951.

ხელოვნების ისტორია

ვ. დოლიძე

ხოზიტა-მაირამი — საქართველოსა და ჩრდილო კავკასიის ხალხთა კულტურული ურთიერთობის საბუთი

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. ჩუბინაშვილმა 7.12.1953)

ფეოდალური საქართველოსა და ჩრდილო კავკასიის ხალხთა კულტურული ურთიერთობის საკითხის შესწავლისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ჩრდილო ოსეთის ტერიტორიაზე შემორჩენილ ქართული ხელოვნების ძეგლებს. მაგრამ დღემდე გამოვლინებული ძეგლებიდან ყველა არაა სათანადოდ შესწავლილი და, ამავე დროს, სავსებით უცნობი ძეგლების აღმოჩენის შესაძლებლობაც არ არის გამორიცხული.

ქართული ხელოვნების ისტორიის ინსტიტუტის ექსპედიცია 1951 წ. ზაფხულში ადგილზე გაეცნო ჩრდილო ოსეთის ასსრ საკვლევ-სამეცნიერო ინსტიტუტის თანამშრომლის პროფ. ლ. სემიონოვის მიერ მითითებულ ძეგლს, რომელიც უცნობია ხელოვნებათმცოდნეობის ლიტერატურაში[1].

ეს არის „ხოზიტა-მაირამის“ სახელწოდებით ცნობილი ეკლესია. იგი მკვეთრად განსხვავდება ჩრდილო ოსეთის ყველა ძველი სამაროვანი, საკულტო და თავდაცვითი ხასიათის არქიტექტურული ნაგებობებისაგან, რომელთაც ღრმად თავისებური თვისებები აქვთ. მეორე მხრივ, ხოზიტა-მაირამი როგორც თავისი გეგმის გადაწყვეტით, ასევე ფორმებით, პროპორციებით, შემკულობითა და სამშენებლო ხერხებით, აშკარად ამჟღავნებს ქართული საშუალო საუკუნეების ხუროთმოძღვრების ნიშანდობლივ თვისებებს.

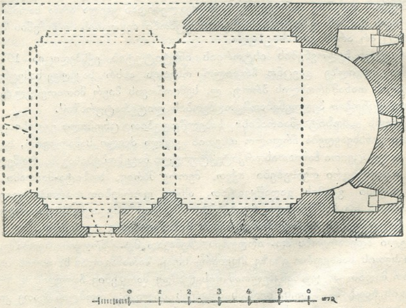
ძეგლი მდებარეობს მდ. არდონის შენაკად მდ. ზრუგის ხეობაში. გზა მისკენ ოსეთის სამხედრო გზაზე მდებარე სოფ. ზარამაგიდან ს. ნარის მიმართულებით მიდის, ამ უკანასკნელთან მისვლამდე მარჯვნივ ჩაუვლის ს. ზლეშს და ზრუგის ხეობაში შედის. ხეობას მისდევს ბილიკი, რომლის მეათე კილომეტრზე სოფ. ხიდაკუმია, ხოლო ცოტა უფრო მაღლა ს. ხოზიტიკაუ. შემდეგ იგი საქართველოს სსრ საზღვრის კუდაროს უღელტეხილისაკენ მიიმართება. სოფ. ხიდაკუმსა და ს. ხოზიტიკაუს შორის, მდ. ზრუგის მარჯვენა, ციცაბო ნაპირზე, ხოზიტა-მაირამის ნანგრევებია აღმართული. ეს ოსური სახელწოდება ხოზიევთა ღვთისმშობლის სამლოცველოს ნიშნავს. ძეგლის შესახებ ძველ წყაროებში არავითარი ცნობა არ მოიპოვება. პირველად მას ვ. მარკოვიჩმა მიაქცია ყურადღება და მოკლედ მოიხსენია იგი თავის გეოგრაფიულ-ბოტანიკურ ნარკვევში, რომელიც 1899 წლის ექსკურსიის შედეგად დაიწერა

---

[1] ექსპედიციაში მონაწილეობდნენ უფრ. მეცნ. თანამშრომელი რ. შმერლინგი, უმცრ. მეცნ. თანამშრომ. ა. ვოლსკაია და ამ წერილის ავტორი.

([1], გვ. 191—192). ცნობისმოყვარე ავტორი სამ ფოტოსურათსაც იძლევა, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჩვენთვის.

მეორე, უფრო გვიანდელ ცნობას შეიცავს ერთი ტურისტის მიერ 1934 წ. ხოზიტა-მაირამის ნახვის შედეგად დაწერილი აღწერა, რომელიც ავტორს პროფ. ლ. სემიონოვისათვის გადაუცია ([2], გვ. 108). ხელნაწერს დართული აქვს ტოპოგრაფიული გეგმის, ნაგებობის გეგმის, საერთო ხედისა და ფასადების ფოტოსურათები[1]. ორივე ეს ნაწერი იმით არის, უმთავრესად, საგულისხმო, რომ ზოგი რამ იქ აღნიშნული ტაძრის შესახებ დაკარგული აღმოჩნდა ადგილზე მისი დათვალიერების დროს. ტაძრის ძლიერი დანგრევა მით უფრო სამწუხაროა, რომ, როგორც სამართლიანად აღნიშნავს პროფ. სემიონოვი ([3], გვ. 302), ძეგლს დიდი მნიშვნელობა აქვს საქართველოსა და ჩრდილო ოსეთის ხალხთა კულტურული ურთიერთობის საკითხისათვის.



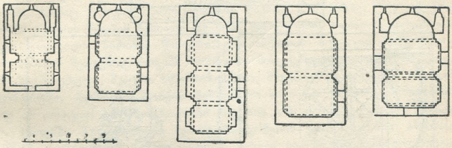
სურ. 1

კამარაჩამოქცეულ ძეგლს ამჟამად შერჩენილი აქვს მხოლოდ აღმოსავლეთისა და სამხრეთის კედლების უმეტესი ნაწილი. ჩრდილოეთის კედლიდან დარჩა მხოლოდ აღმოსავლეთის ნაწილი აბსიდის მხრამდე, მისგან დასავლეთით კი მოკლე მონაკვეთიღაა მიწის დონეზე. ჩრდილოეთის დანარჩენი ნაწილი და დასავლეთის კედელი მთლიანად ჩანგრეულია, ხოლო ქვები მდინარემდეა ჩაცვენილი. ფასადებს მიყრილი აქვს მიწა და ქვები, რის გამოც ცოკოლი და კედლის წყობის პირველი რიგი დამალულია.

[1] ხელნაწერი გაგვაცნო და ექსპედიციის მუშაობაში ხელი შეგვიწყო პროფ. ლ. სემიონოვმა.

ტაძრის ნანგრევების ანაზომის მიხედვით ადვილად ხერხდება გეგმის აღდგენა (სურ. 1). იგი წარმოადგენს ცალნავიან ეკლესიას; მის სწორკუთხოვან მოხაზულობაში (7,8×13,3 მ) აღმოსავლეთით მოქცეულია ღრმა, ნახევარწრიული აბსიდი, რომელსაც ორსავ მხარეს მცირე ზომის სადგომები აქვს კედლის სისქეში, ორ სართულად. ყველა ეს, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი, ოთხი სადგომი, სწორკუთხოვანი ხვრელობი—შესასვლელით უკავშირდება აბსიდს. მეორე სართულში მოსახვედრად, როგორც ჩანს, მისადგმელი კიბით სარგებლობდნენ. ტაძრის აღმოსავლეთის სამი სარკმლიდან ორი განაპირა პირველი სართულის სადგომებს—სამკვეთლოსა და სადიაკვნეს აშუქებს.

გეგმის გადაწყვეტის მიხედვით ხოზიტა-მაირამი ქართული ხუროთმოძღვრების X და XI საუკუნის ისეთ დარბაზულ ძეგლთა შორის პოულობს ადგილს, როგორიცაა ოთხთა ეკლესია, დისევი, ზემო ყარაბულახი, ეხვევი. ხოზიტა-მაირამი ერთ ჯგუფს შეადგენს დასახელებულ ძეგლებთან თავისი საერთო ზომებითაც (სურ. 2).

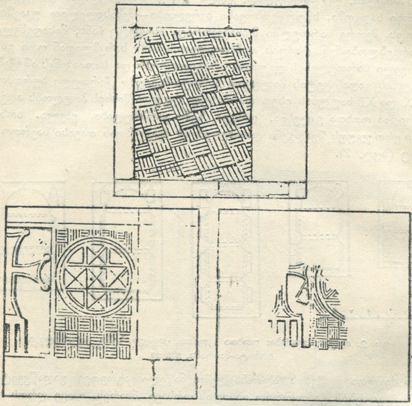


სურ. 2. ძეგლთა გეგმები: ოთხთა ეკლესია, დისევი, ზემო ყარაბულახი, ხოზიტა-მაირამი, ეხვევი

ამ ძეგლთა გეგმების აღმოსავლეთი ნაწილი აგრეთვე გადაწყვეტილია მცირე სადგომების გამოყოფით აბსიდის ორსავე მხარეს. ამავე დროს ხოზიტა-მაირამის გეგმა რამდენადმე განსხვავდება ოთხთა ეკლესიისაგან: უკანასკნელში გვერდითი სადგომები აბსიდისაგან დამოუკიდებელია, ხოზიტა-მაირამში კი ისინი თვით აბსიდის კედლის სისქეში არიან მოქცეული და უშუალოდ უკავშირდებიან ეკლესიის საკურთხეველს. ამ მხრივ ხოზიტა-მაირამი მტკიცედ დგება დისევის, ზ. ყარაბულახისა და, განსაკუთრებით, ეხვევის გვერდით.

შიგნით ხოზიტა-მაირამის ეკლესია უხვად ნათდებოდა სამხრეთით სიმეტრიულად განლაგებული ორი სარკმლით და დასავლეთის კედელში მოთავსებული ერთი, შედარებით უფრო მაღალი, სარკმლით. ყველა სარკმელი გარეთკენ ვიწროვდება. ტაძარს ერთი შესასვლელი აქვს სამხრეთის კედლის დასავლეთ ნაწილში. იგი გარედან სწორკუთხოვანია, შიგნიდან კი თაღოვანი. ტაძრის კედლები ამოყვანილია შიგა და გარეპირის ქვებსშორისო სივრცის დუღაბით ამოვსებით. შევსება წარმოებულია იმავე საშენი ქვის, კიროვანი შირიმის, ნამტვრევებით, უხვად მოხმარებულ კირის ხსნარზე. ეს ჩვეულებრივი ხერხია ქართული საკულტო შენობების აგებისა.

ხუროთმოძღვრის ყურადღება კედლის სიბრტყისადმი არ ამოწურულა მხოლოდ კარგად გათლილი წესიერი კვადრების შერჩევით ან მოულოდნელად ვიწრო რიგის შეგნებული გამოყვანით წყობაში სამხრეთის ფასადის მთელ სიგრძეზე, სარკმელთა ქვედა მესამედის დონეზე. ყურადღებას იპყრობს აქვე,



სურ. 3. ქვის გაფორმების ნიმუშები: ზემოთ—ხოზიტა-მაირამი; ქვემოთ—დარკვეთი, გორისჯვარი

შესასვლელიდან მარჯვნივ, მესამე კვადრი. მისი მთელი ფართობი, ოთხი ან ხუთი რელიეფური ხაზით შედგენილი, ჭადრაკული წესით განლაგებული, სექციების სურათითაა დაფარული. ცალკეული კვადრის ანალოგიურ დამუშავებას კედლის წყობაში ადგილი აქვს რამდენიმე, ჩვენთვის ცნობილ, ქართულ ძეგლზე. ეს შენიშნულია XI საუკუნის პირველი ათეულის ძეგლებზე, როგორიცაა დარკვეთი და გორისჯვარი (საჩხერის რ-ნი). მორთულობის უახლოესი მსგავსება თავს იჩენს როგორც ჭადრაკულად განლაგებული სექციების სურათში, ასევე მათი დამუშავების ხერხშიაც (სურ. 3).

საერთოდ, ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ხოზიტა-მაირამის ნაგებობაში საშუალო საუკუნეთა ქართული ხუროთმოძღვრებისათვის კარგად ცნობილი სამშენებლო წესები და ფორმებია გამოყენებული. ყურადღების ღირსია ისიც, რომ ძეგლისათვის გამოყენებული საშენი ქვის მასალა, მოყვითალო-მოყავისფრო კიროვანი შირიმი, არაა ადგილობრივი. ჩვენ მიერ დასაწყისში ნახ-

სენები ხელნაწერის ავტორი ამის თაობაზე წერს: „კიროვანი შირიმი აშკარად შემოტანილი წარმოშობისაა. ასეთი ჯიში ახლომახლო არ მოიძებნება“. იგივე ავტორი გვატყობინებს: ადგილობრივ მკვიდრთა გადმოცემის თანახმად, საშენი ქვა ქედის სამხრეთის მხრიდან შემოჰქონდათო.

ვ. მაჩკოვიჩიც ამასვე აღნიშნავს: „არსებობს მოსაზრება, რომ წესიერად გათლილი ქვები საქართველოდან იყო შემოტანილი“ ([1], გვ. 191). ხოზიტა-მაირამის ინტერიერი სავსებით შეესაბამება X—XI სს. ქართულ დარბაზულ ტაძრებს. ნავი სიგრძეზე ორ ნაწილად იყოფა კედლის სვეტებზე (პილასტრებზე) გადაყვანილი საბრჯენი თაღით; სიგრძივ კედლებს კი ორსაფეხურიანი თაღოვანი შეღრმავებები აქვს, რომელთა თაღების ქუსლები მარტივი პროფილის თაროიანი იმპოსტებითაა აღნიშნული.

ეკლესიის ინტერიერი, რომელსაც არავითარი მოჩუქურთმებული ორნამენტაცია არ გააჩნია, შესანიშნავია ფორმების სუფთა და ზუსტი პროფილირებით, ამასთანავე ყველა ნაწილი უგამონაკლისოდ თანაბარი ყურადღებითა და ერთნაირად დამუშავებული საშენი მასალით არის შესრულებული. იმ ადგილებში, სადაც ბათქაში ჩამოცვენილია საკმაო ფართობზე, ყურადღებას იპყრობს კედლის წყობის ხასიათი და მისი შესრულების მაღალი ოსტატობა. კარგად გათლილი შირიმის წესიერი, ერთმანეთთან მტკიცედ მიწყობილი, კვადრებისაგან შედგენილ რიგებს შორის თანმიმდევრულადაა დაცული ნაკერების შეუწყვეტელი, მკაცრი სწორხაზოვნება. მშვენივრად აგებული აბსიდის ნახევარწრეში, ქვემოდან კონქის შერჩენილი ნაწილის ბოლომდე თითქმის არსად არ ირღვევა ჰორიზონტალური რიგების კონცენტრულ ნაკერთა მთლიანობა. აბსიდში მოთავსებული მცირე სადგომების გადაწყვეტაში აშკარად იგრძნობა გააზრებული სიმეტრიულობა ორივე სართულის შესასვლელებისა აბსიდის შუა სარკმლის მიმართ. ყველა ეს ოთხი მცირე სადგომი გულდასმითაა ნაწყობი თლილი ქვით და ოდნავ შეისრული კამარითაა გადახურული.

სამხრეთის კედელზე შემორჩენილი კამარის ნაწილის პროფილი ნათლად მოწმობს, რომ ეკლესიის კამარა ნახევარწრიული იყო. ამასვე ადასტურებს აბსიდის მარტივპროფილიან იმპოსტზე შერჩენილი ტრიუმფალური თაღის ქუსლის მოყვანილობაც. გაკეთებულია აგრეთვე ქართული ტაძრის თითქმის აუცილებელი ატრიბუტი—ხმის რეზონატორები—ქვევრები, ჩასმული კონქისა და სამხრეთის კედლის დასავლეთ ნახევარზე შემორჩენილი კამარის ნაწილის წყობაში. დასასრულ ინტერიერის შესახებ უნდა აღინიშნოს, რომ კედლები შელესილი და მოხატული იყო, რასაც აბსიდში და სამხრეთის კედელზე შემორჩენილი ფრესკული მხატვრობის ფრაგმენტები მოწმობს.

ჩვენამდე მოღწეულ ფასადებს არ შერჩენია კარნიზი.

წვეროჩამონგრეულ აღმოსავლეთის ფასადს შემოცლილი აქვს კედლის გარეპირის ქვები ფრონტონის მთელ არეზე, ქვემოთ კი კედლის დანარჩენი ზედაპირი დაუზიანებელია (სურ. 4). სიმეტრიულად განლაგებული სამი თაღოვანი სარკმლიდან შუა ორჯერ მეტია დანარჩენებზე. სამივე ერთნაირადაა მორთული საპირითა და მასზე მჭიდროდ დასმული, ჰორიზონტალური გადანაკეცების მქონე, ნახევარწრიული სათაურით. როგორც საპირე, ასევე სათა-

ური პარალელურ ღილვადაა დაწილადებული მთელ სიგრძეზე. შუა სარკმელს ოთხ-ოთხი ღილვი ამკობს, ხოლო დანარჩენებს—სამ-სამი. სხვა მორთულობა ფასადს არ გააჩნია, მაგრამ მის მხატვრულ ღირსებას ემატება კარგად გათლილი კვადრების წყობის სურათი და კედლის ზედაპირის ფერი: მოყვითალო-ყავისფერი, ინტენსიური ტონისა.

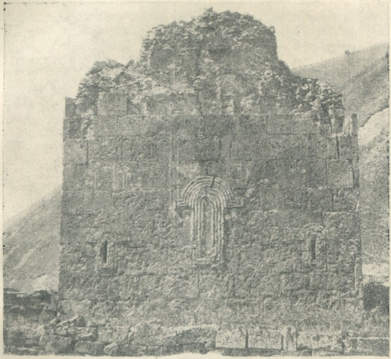
დასავლეთის ფასადი, რომელიც საერთო კონტურით ცხადია, თავის სიმეტრიულ, აღმოსავლეთის ფასადს იმეორებდა, ძველ ფოტოსურათზე თითქმის მთლიანადაა წარმოდგენილი ([1], სურ. 36). იგი მოწმობს, რომ მთელ ნაგებობას წარზიდული პროპორციები ჰქონდა. ეს ნიშანი ხოზიტა-მაირამს მოყვანილი ჯგუფის ძეგლებიდან ყველაზე უფრო ეხვევთან აახლოებს ([4], სურ. 2—4). დასავლეთის ფასადს მხოლოდ ერთი, ძალიან მაღლა ატანილი, დაგრძელებული სარკმელი ჰქონდა, მორთული ამ ძეგლის სხვა სარკმელთა ანალოგიურად.

სამხრეთის (მთავარი) ფასადი დანარჩენებივით ლაკონიური და უპრეტენზიოა (სურ. 5). იგი სამ არათანაბარ მონაკვეთად იყოფა ორი სარკმლით, რომელთა მოხაზულობა და მორთულობა აღმოსავლეთის ფასადის ცენტრალური სარკმლის ანალოგიურია.

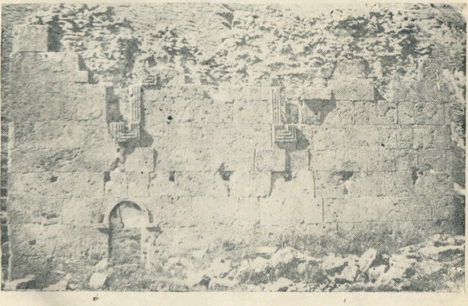
სამხრეთის ფასადის დასავლეთი სარკმლის ქვემოთ სწორკუთხოვანი შესასვლელია. მის მცირედ შეღრმავებულ ტიმპანს ნალისებრი ფორმისა და ჰორიზონტალური გადანაკეცების მქონე გლუვზედაპირიანი შვერილი სათაური აგვირგვინებს. თვით ტიმპანზე ფრესკული მხატვრობის სუსტი კვალი ჩანს.

ძეგლს არა აქვს არავითარი წარწერა, რომელიც მისი აგების დროის შესახებ მოგვითხრობდეს. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ქართული ხუროთმოძღვრების ეს წარმომადგენელი ჩრდილო ოსეთში არც მატიანეებშია მოხსენიებული. ამრიგად, თარიღის დასადგენად თვით ძეგლის არქიტექტურულ-მხატვრული ფორმები უნდა მოვიმარჯვოთ. როგორც აღინიშნა, გეგმის გადაწყვეტა ყველა თავისებური დეტალით ხოზიტა-მაირამს X—XI სს ქართული დარბაზული ეკლესიების გვერდით აყენებს. აბსიდის მსგავს ორგანიზაციას მცირე სადგომებით კედლის სისქეში X საუკუნეზე ადრე ვერ ვპოულობთ. მეორე მხრით, არც XI საუკუნის შემდეგ არა გვაქვს ასეთი ნაგებობები. ამრიგად, ეს გარემოება გარკვეულ ფარგლებს იძლევა ხოზიტა-მაირამის დათარიღებისათვის. ამავე ხანაზე მიგვითითებს კვადრის ფიგურული გათლაც შესასვლელთან, ბოლოს, მოუჩუქურთმებელი, მკაცრად თავშეკავებული მორთულობაც ნებას იძლევა უფრო დავაზუსტოთ ტაძრის აგების დრო.

ძეგლებზე დაკვირვება გვარწმუნებს, რომ სარკმელთა მორთულობას განვითარების კანონზომიერი, სრულიად გარკვეული საფეხურები აქვს, რომელნიც განუყრელადაა დაკავშირებული ქართული არქიტექტურის განვითარების ეტაპებთან (სურ. 6). ადრინდელ ძეგლებზე, VII საუკუნის ჩათვლით, სარკმელს მხოლოდ სხვადასხვანაირი სათაური ამკობს (ბოლნისი, ჯვარი, წრომი, სამწევრისი და სხვ.). VIII—IX საუკუნეებში განაგრძობენ მხოლოდ სათაურის გამოყენებას (სამშვილდე, თელოვანი და სხვ.), მაგრამ იმავე დროს ზოგიერთ ძეგლზე აღინიშნება მორთვის სქემატური ჩანასახიც სარკმლის ხვრელობის

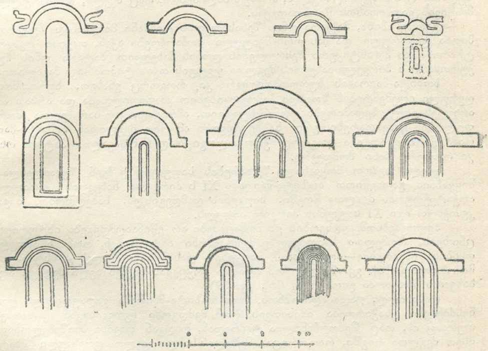


სურ. 4



სურ. 5

გარშემოც (ეს მომავალი საპირეა!). ასეთ შემთხვევაში სათაური თითქმის გამოუყოფელი, ხაზგაუსმელი რჩება (არმაზი, წირკოლი). X საუკუნის შუალედიდან სარკმელთა მორთულობას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. სწორედ ამ დროიდან მორთულობის კომპოზიციური აგების მრავალნაირ ვარიანტს



სურ. 6. სარკმლის სათაურების სქემები: ზ ე მ ო თ—მცხეთის ჯვარი, წრომი, სამშვილდე, ბერის საყდარი; შ უ ა ზ ე—კუნურდო, ხცისი, ბაგრატის ტაძარი, ბაგრატის ტაძარი (დას. სარკმელი); ქ ვ ე მ ო თ—იშხანი, ხოზიტა-მაირამი, ნიკორწმინდა, პატარა ონი, სავანე

ვხვდებით. სათაურისა და საპირის შესრულება X საუკუნეში არაა ერთნაირი; ყოველთვის უფრო ხაზგასმულია სათაური (რელიეფით, ფერით). ამასთანავე სათაური უშუალოდ არ აზის საპირეს (ბერის საყდარი). ბაგრატის ტაძრის (1003 წ.) სარკმლის სათაური და საპირე თუმცა თანაბარი ყურადღებითაა მოჩუქურთმებული, სათაური ჯერ კიდევ გამიჯნულია საპარისაგან. იმავე ძეგლის დასავლეთის სარკმელზე მანძილი სათაურსა და საპირეს შორის უფრო შემცირებულია. რამდენადმე უფრო გვიანდელ ძეგლებზე, როგორიცაა იშხანის მცირე ეკლესია (1006 წ.), ნახევარწრიული სათაური ჰორიზონტალური გადანაკეცებით, როგორც წესი, მჭიდროდ აზის სარკმლის საპირეს. ამრიგად, მორთულობის ეს უკანასკნელი კომპოზიცია ხმარებაში შემოდის XI საუკუნის დასაწყისში და მას ამგვარი სახით უფრო ადრე ვერ ვხვდებით.

ხოზიტა-მაირამის სარკმლის მორთულობის კომპოზიცია თავის ადგილს პოულობს ჩვენს ტაბულაზე (სურ. 6) ძეგლთა იმ მწკრივში, სადაც ქრონოლოგიური თანამიმდევრობით სათავეშია იშხანის მცირე ეკლესია (1006 წ.), ხოლო ბოლოში (ცხადია, პირობით), 1046 წ. ძეგლი—სავანე. ამ ძეგლთა შორის

ხოზიტა-მაირამი უფრო ახლო დგას პატარა ონთან. ამ ორ დარბაზულ ძეგლში სარკმლის საპირე დაწილადებულია პარალელური ლილვებით. მაგრამ, ამასთანავე ორნამენტაციის გამოყენებითა და მისი პლასტიკური დამუშავებით, ცხოველხატულობის გამოვლინების შესაძლებლობის მიხედვით, პატარა ონი უფრო განვითარებულ ძეგლად გვევლინება. ამასვე ადასტურებს შესასვლელების შედარებაც. მათი ზოგადი გადაწყვეტა ერთნაირია, მაგრამ, პატარა ონის ძეგლისაგან განსხვავებით, ხოზიტა-მაირამის შესასვლელის სათაურის მოხაზულობა არა ნახევარწრიულია, არამედ ნალისებრი, რაც ძველი, დრომოჭმული მოტივის გადმონაშთს წარმოადგენს.

გარდა ამისა, პატარა ონის შესასვლელის ტიმპანი მთლიანად ჩუქურთმითაა დაფარული და მას ორნამენტული მოჩარჩოება აქვს. თავისი რეპერტუარისა და პლასტიკური შესრულების დონის მიხედვით პატარა ონის ჩუქურთმა XI ს პირველი ნახევრის ძეგლთა ჯგუფისათვის ტიპობრივი მაგალითია.

ხოზიტა-მაირამის ხუროთმოძღვარი კი, როგორც ვნახეთ, ხუროთმოძღვრული ელემენტების ზოგადი ჩამოყალიბებით კმაყოფილდება და არსად არ არღვევს გლუვ ზედაპირებს ორნამენტაციით. ამრიგად, კარ-სარკმელთა მორთულობის განვითარების ერთ ხაზზე მდგომი ამ ორი ძეგლიდან ხოზიტა-მაირამი წარმოგვიდგება როგორც ქრონოლოგიურად წინამავალი, პატარა ონი კი როგორც მისი მომდევნო.

ყველა ზემოთ მოყვანილი შედარების საფუძველზე ჩვენ შესაძლებლად მიგვაჩნია გადავწყვიტოთ ხოზიტა-მაირამი XI ს პირველი ნახევრის ქართული არქიტექტურის ძეგლთა წრეში, საუკუნის დამდეგისკენ, სახელდობრ, მივაკუთვნოთ იგი XI საუკუნის პირველ ათეულს.

ხელოვნებათმცოდნეობის ეს მონაცემები არ ეწინააღმდეგება ისტორიულ ცნობებს, რომელთა საფუძველზე მკვლევარნი ამტკიცებენ, რომ აწინდელი ოსების წინაპრებმა—ალანებმა X საუკუნის დასაწყისში მიიღეს ქრისტიანობა მასობრივად ([5], გვ. 7) და რომ ალანთა მოქცევის საქმეს ხელი შეუწყო აფხაზეთის მთავარმა გიორგი II ([6], გვ. 59).

დასასრულ, უნდა აღინიშნოს, რომ ხოზიტა-მაირამს გადაუდებელი ღონისძიებები ესაჭიროება იმისათვის, რომ შემდგომი ნგრევისაგან გადარჩეს თუნდაც ის, რაც შემორჩენილია ტაძრიდან, რადგან თავისი მნიშვნელობით, ისეთ ძეგლთა რიგში, როგორიცაა ნუზალის სამლოცველოს ფრესკული მხატვრობა, ტაძრები „თხაბაერდი“, „ალბიერდი“, „თარგიმი“ და სხ., ხოზიტა-მაირამი კიდევ ერთ ფრიად თვალსაჩინო საბუთს წარმოადგენს საქართველოსა და ჩრდ. კავკასიის ხალხთა კულტურული ურთიერთობის პრობლემისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ქართული ხელოვნების ისტორიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 7.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. Маркович. В верховьях Ардона и Риона. Записки русского географического общества по общей географии. т. XXXVIII, № 3, С.-Петербург, 1906.
2. Л. П. Семенов. Археологические разыскания в Северной Осетии. Известия Северо-осетинского научно-исследовательского института, т. XII, Дзауджикау, 1948.
3. Л. П. Семенов. К вопросу о культурных связях Грузии и народов Северного Кавказа. Материалы и исследования по археологии СССР № 23, М.—Л., 1951.
4. ვ. ვ. ბერიძე. ყხვევის ტაძარი „დედა-ღვთისა“, „ქართული ხელოვნება“, ტ. I, თბილისი, 1942.
5. Ю. Кулаковкий. Христианство у алан. Византийский Временник, т. V, вып. 1 и 2. С.-Петербург, 1898.
6. Б. Скитский. Очерки по истории осетинского народа с древнейших времен до 1867 г. Дзауджикау, 1947.

რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, აკ. წერეთლის ქ., № 3/5
Типография Издательства Академии Наук Грузинской ССР, ул. Ак. Церетели, № 3/5

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 12.2.1954 საბეჭდი ფ. 5,5
ანაწყობის ზომა 7×11 სააღრ.-საგამომცემლო ფორმათა რაოდ. 5
შეკვ. 91 უე 01430 ტირაჟი 1000

ფასი 5 მან.

დამტკიცებულია
საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. პრეზიდიუმის მიერ
22.10.1947

დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

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

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

3. „მოამბე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), 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.

5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 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 გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.

7. წერილები და ილუსტრაციები 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 ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.

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

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენებზე დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.

11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოუდგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა, ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 50 ამონაბეჭდი (25 ამონაბეჭდი თითოეული გამოცემიდან) და თითო ცალი „მოამბის“ ნაკვეთებისა, რომლებშიც მისი წერილია მოთავსებული.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძერჟინსკის ქ., 8

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XV, № 2, 1954

Основное, грузинское издание