საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე

ტომი XIV

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1953

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

მათემატიკა

მ. ტიმანი

ორი ცვლადის ფუნქციის ფურიეს მწკრივთა (C, α, β) შეჯამებადობა

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 13.6.1953)

§ 1. ვთქვათ, მოცემულია თითოეული ცვლადის მიმართ პერიოდული (2π პერიოდის) $f(x, y)$ ფუნქცია და ვთქვათ

$$\sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{mn} A_{mn}(x, y) \tag{1.1}$$

არის მისი ფურიეს მწკრივი, სადაც

$$\lambda_{mn} = \begin{cases} \frac{1}{4}, & m = n = 0; \\ \frac{1}{2}, & m = 0,\ n > 0;\ n = 0,\ m > 0; \\ 1, & m > 0,\ n > 0; \end{cases}$$

$$A_{mn}(x, y) = a_{mn} \cos mx \cos ny + b_{mn} \sin mx \cos ny + c_{mn} \cos mx \sin ny + d_{mn} \sin mx \sin ny.$$

ვთქვათ, $\sigma_{mn}^{\alpha, \beta}(f, x, y; p, q)$ არის (C, α, β) საშუალოები ისეთი მწკრივისა, რომელიც მიიღება (1.1) მწკრივის x-ით p-ჯერ და y-ით q-ჯერ გაწარმოების შედეგად. უშუალო გამოთვლებით მივიღებთ, რომ

$$\sigma_{mn}^{\alpha, \beta}(f; x, y; p, q) = \frac{(-1)^{p+q}}{\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(u, v) \frac{d^p}{du^p} K_m^{\alpha}(x-u) \frac{d^q}{dv^q} K_n^{\beta}(y-v)\, du dv$$

$$= \frac{(-1)^{p+q}}{\pi^2} \int_0^{\pi} \int_0^{\pi} \{ f(x+u, y+v) + (-1)^p f(x-u, y+v) \tag{1.2}$$

$$+ (-1)^q f(x+u, y-v) + (-1)^{p+q} f(x-u, y-v) \} \frac{d^p}{du^p} K_m^{\alpha}(u) \frac{d^q}{dv^q} K_n^{\beta}(v)\, du dv,$$

სადაც

$$K_m^{\alpha}(u) = \sum_{i=0}^{m} \frac{A_{m-i}^{\alpha-1}}{A_m^{\alpha}} \cdot \frac{\sin\left(i + \frac{1}{2}\right) u}{2 \sin \frac{u}{2}}; \quad A_m^{\alpha} = \frac{(\alpha+1) \cdots (\alpha+m)}{m!}. \tag{1.3}$$

როცა $0 \leqq p < \alpha$, მართებულია შემდეგი უტოლობები (იხ. მაგ. [2]):

$$\left| \frac{d^p}{du^p} K_m^\alpha(u) \right| \leqq M m^{p+1}, \quad \left(0 < u \leqq \frac{1}{m}\right) \tag{1.4}$$

$$\left| \frac{d^p}{du^p} K_m^\alpha(u) \right| \leqq M m^{p-\alpha} u^{-\alpha-1}. \quad \left(\frac{1}{m} \leqq u \leqq \pi\right) \tag{1.5}$$

(1.4) და (1.5)-დან გამომდინარეობს

$$\left| \frac{d^p}{du^p} K_m^\alpha(u) \right| \leqq M \cdot \frac{m^{p+1}}{1 + m^{\alpha+1} u^{\alpha+1}} \quad (0 < u \leqq \pi) \tag{1.6}$$

აღვნიშნოთ

$$\gamma_m^{(p)}(u) = \frac{u^p \cdot m^{p+1}}{1 + m^{\alpha+1} u^{\alpha+1}}. \tag{1.7}$$

ადვილად შევამოწმებთ, რომ

$$\int_0^\pi u \cdot \left| \frac{d}{du} \gamma_m^{(p)}(u) \right| du \leqq M. \tag{1.8}$$

როცა $0 \leqq p < \alpha$ (1.7)-დან ვღებულობთ,

$$\max_{\substack{0 < \delta \leqq u \leqq \pi \\ m \to \infty}} \left| \frac{d}{du} \gamma_m^{(p)}(u) \right| \to 0. \tag{1.9}$$

შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები:

$$\varphi_1(u, v) = \frac{1}{4} \{f(x+u, y+v) + f(x-u, y+v) + f(x+u, y-v) + f(x-u, y-v)\},$$

$$\varphi_2(u, v) = \frac{1}{4} \{f(x+u, y+v) - f(x-u, y+v) - f(x+u, y-v) + f(x-u, y-v)\},$$

$$\varphi_3(u, v) = \frac{1}{4} \{f(x+u, y+v) - f(x-u, y+v) + f(x+u, y-v) - f(x-u, y-v)\},$$

$$\varphi_4(u, v) = \frac{1}{4} \{f(x+u, y+v) + f(x-u, y+v) - f(x+u, y-v) - f(x-u, y-v)\},$$

$$\psi(u, v) = 4\varphi_1(u, v) - 4f(x, y),$$

$$\Phi(u, v) = \int_0^u \int_0^v |\psi(t, \theta)| \, dt d\theta.$$

§ 2-ში ჩვენ ვამტკიცებთ შემდეგ თეორემას, რომელიც გარკვეული თვალსაზრისით ავსებს ორი ცვლადის ფუნქციის ფურიეს მწკრივთა (C, α, β) შეჯამებადობის საკითხში უკვე მიღებულ შედეგებს.

თეორემა 1. დავუშვათ, რომ თითოეული ცვლადის მიმართ პერიოდული (2π პერიოდის) ინტეგრებადი $f(x, y)$ ფუნქცია წერტილში (x_0, y_0) აკმაყოფილებს პირობას

$$\Phi(u, v) = O(u \cdot v). \tag{1.10}$$

მაშინ (1.1) მწკრივი (x_0, y_0) წერტილში ან შეჯამებადია ყველა (C, α, β), $(\alpha, \beta > 0)$ მეთოდით ერთდროულად, ან არც ერთი (C, α, β) $(\alpha, \beta > 0)$ მეთოდით არ არის შეჯამებადი.

კერძოდ, (1.10) პირობას თითქმის ყველგან აკმაყოფილებს ყველა p ხარისხად $(p > 1)$ ჯამებადი $f(x, y)$ ფუნქცია.

ამავე პარაგრაფში ჩვენ მოგვყავს რამდენიმე საკმარისი პირობა, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს $f(x, y)$ ფუნქცია (x_0, y_0) წერტილის მახლობლობაში, რათა აღებული ფუნქციის ფურიეს მწკრივის წევრობრივ გაწარმოებით მიღებული მწკრივი იყოს (C, α, β) მეთოდით შეჯამებადი ჩვეულებრივი (თეორემა 2) და შეზღუდული (თეორემა 3) აზრით.

თეორემა 2. ვთქვათ, თითოეული ცვლადის მიმართ პერიოდული (2π პერიოდის) ინტეგრებადი $f(x, y)$ ფუნქცია (x_0, y_0) წერტილის მახლობლობაში აკმაყოფილებს პირობებს:

$$\varphi_2(u, v) = \{A + \varepsilon(u, v)\} \cdot u \cdot v, \tag{1.11}$$

სადაც A მუდმივია და

$$\lim \varepsilon(u, v) = 0, \tag{1.12}$$

$$\frac{1}{u \cdot v} \int_0^u \int_0^v |\varepsilon(t, \theta)| \, dt d\theta = O(1). \tag{1.13}$$

მაშინ $f(x, y)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივის x-ით და y-ით ერთჯერ წევრობრივ გაწარმოებული მწკრივი (C, α, β) $(\alpha, \beta > 1)$ მეთოდით შეჯამებადია A რიცხვისაკენ.

თეორემა 3. ვთქვათ, თითოეული ცვლადის მიმართ პერიოდული (2π პერიოდის) ინტეგრებადი $f(x, y)$ ფუნქცია აკმაყოფილებს ერთ-ერთს შემდეგ პირობათაგან:

$$\varphi_1(u, v) = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}} \frac{1}{2n!} \sum_{k=0}^{n} C_{2n}^{2k} A_{2n-2k, 2k} u^{2n-2k} v^{2k} + o\left\{(u^2 + v^2)^{\frac{N}{2}}\right\} \tag{1.14}$$

N ლუწი რიცხვია,

$$\varphi_2(u, v) = \sum_{n=1}^{\frac{N}{2}} \frac{1}{2n!} \sum_{k=1}^{n} C_{2n}^{2k-1} A_{2n-2k+1, 2k-1} u^{2n-2k+1} v^{2k-1} + o\left\{u \cdot v \cdot (u^2 + v^2)^{\frac{N}{2}}\right\} \tag{1.15}$$

N ლუწი რიცხვია,

$$\varphi_3(u, v) = A_{10}\cdot u + \sum_{n=1}^{\frac{N-1}{2}} \frac{1}{(2n+1)!} \sum_{k=0}^{n} C_{2n+1}^{2k} A_{2n-2k+1,\, 2k}\, u^{2n-2k+1} v^{2k} + o\left\{u\cdot(u^2+v^2)^{\frac{N-1}{2}}\right\} \tag{1.16}$$

N კენტია,

$$\varphi_4(u, v) = A_{01} v + \sum_{n=1}^{\frac{N-1}{2}} \frac{1}{(2n+1)!} \sum_{k=0}^{n} C_{2n+1}^{2k+1} A_{2n-2k,\, 2k+1}\, u^{2n-2k} v^{2k+1} + o\left\{v\,(u^2+v^2)^{\frac{N-1}{2}}\right\} \tag{1.17}$$

N კენტია, სადაც $A_{i,j}$ რაიმე რიცხვებია.

მაშინ $\alpha, \beta > N+1$-სათვის

$$\lim \sigma_{mn}^{\alpha,\beta}(f; x_0, y_0; N-l, l) = A_{N-l,\, l}, \quad (0 \leqq l \leqq N) \tag{1.18}$$

თუ m და n ისე მიისწრაფვიან ∞-საკენ, რომ

$$\frac{1}{\lambda} \leqq \frac{m}{n} \leqq \lambda. \quad (\lambda \geqq 1) \tag{1.19}$$

მე-3 თეორემის პირობას აკმაყოფილებენ, მაგალითად, ისეთი $f(x, y)$ ფუნქციები, რომლებსაც (x_0, y_0) წერტილში აქვთ უწყვეტი სრული დიფერენციალი N რიგისა ჩათვლით.

§ 2. 1 თეორემის დასამტკიცებლად დაგვჭირდება შემდეგი [1]

თეორემა 4. ვთქვათ, $\sum\limits_{m=0}^{\infty}\sum\limits_{n=0}^{\infty} u_{mn}$ შეჯამებადია (C, α', β'), $(\alpha', \beta' > -1)$ მეთოდით l რიცხვისაკენ. ამას გარდა, ვთქვათ, ზოგიერთი რიცხვისათვის $-1 < \alpha < \alpha'$, $-1 < \beta < \beta'$

$$\left|\sigma_{mn}^{\alpha,\beta}\right| \leqq M. \tag{2.1}$$

მაშინ ყოველი $\gamma > 0$, $\delta > 0$-სათვის

$$\lim_{m,n\to\infty} \sigma_{mn}^{\alpha+\gamma,\, \beta+\delta} = l. \tag{2.2}$$

ჩვენ აქ ვსარგებლობთ [1]-ში მოყვანილი აღნიშვნებით.

დამტკიცება. ზოგადობის შეუზღუდავად შეგვიძლია ვიგულისხმოთ $l = 0$, $\alpha' = \alpha + 1$ და $\beta' = \beta + 1$.

განვიხილოთ ახლა

$$\sigma_{mn}^{\alpha+\gamma,\, \beta+\delta} = \frac{1}{A_m^{\alpha+\gamma} A_n^{\beta+\delta}} \sum_{i=0}^{m} \sum_{j=0}^{n} A_{m-i}^{\gamma-1} A_{n-j}^{\delta-1} S_{ij}^{\alpha,\beta} \tag{2.3}$$

რომელიც შეგვიძლია დავშალოთ შემდეგნაირად, თუ $\frac{1}{2} < t,\ \theta < 1$:

$$\sigma_{mn}^{\alpha+\gamma,\,\beta+\delta} = \frac{1}{A_m^{\alpha+\gamma} A_n^{\beta+\delta}} \left\{ \sum_{i=0}^{[tm]} \sum_{j=0}^{[\theta n]} + \sum_{i=0}^{[tm]} \sum_{j=[\theta n]+1}^{n} + \sum_{i=[tm]+1}^{m} \sum_{j=0}^{[\theta n]} + \sum_{i=[tm]+1}^{m} \sum_{j=[\theta n]+1}^{n} \right\} = \frac{S_1+S_2+S_3+S_4}{A_m^{\alpha+\gamma}\cdot A_n^{\beta+\delta}}. \tag{2.4}$$

ვიგულისხმოთ, რომ $0<\gamma,\ \delta<1$ და შევაფასოთ (2.4)-ში შემავალი წევრები. (2.1)-ის ძალით და A_m^α რიცხვების ცნობილი თვისების თანახმად [2], გვაქვს

$$|S_4| \leqq M A_m^\alpha A_n^\beta \sum_{i=[tm]+1}^{m} \sum_{j=[\theta n]+1}^{n} A_{m-i}^{\gamma-1} A_{n-j}^{\delta-1} \leqq M_1 \cdot m^{\alpha+\gamma} n^{\beta+\delta} (1-t)^\gamma (1-\theta)^\delta \tag{2.5}$$

$$|S_2| \leqq M \sum_{i=0}^{[tm]} \sum_{j=[\theta n]+1}^{n} A_{m-i}^{\gamma-1} A_{n-j}^{\delta-1} A_i^\alpha A_j^\beta \leqq M_2 m^{\alpha+\gamma} n^{\beta+\delta} (1-\theta)^\delta. \tag{2.6}$$

S_3-ის ანალოგიური შეფასების შედეგად მივიღებთ

$$|S_3| \leqq M_3 m^{\alpha+\gamma} u^{\beta+\delta} (1-t)^\gamma, \tag{2.7}$$

სადაც M, M_1, M_2, M_3 მუდმივებია, დამოუკიდებელი n, m, θ და t-ზე.

ვთქვათ, $\varepsilon>0$ ნებისმიერი რიცხვია. ავირჩიოთ t და θ ერთთან იმდენად ახლოს, რომ

$$\frac{|S_2|}{A_m^{\alpha+\gamma} A_n^{\beta+\delta}} < \frac{\varepsilon}{4}; \quad \frac{|S_3|}{A_m^{\alpha+\gamma} A_n^{\beta+\delta}} < \frac{\varepsilon}{4}; \quad \frac{|S_4|}{A_m^{\alpha+\gamma} A_n^{\beta+\delta}} < \frac{\varepsilon}{4}. \tag{2.8}$$

ამგვარად შერჩეული θ და t დავაფიქსიროთ და შევაფასოთ S_1. აბელის გარდაქმნის გამოყენებით მივიღებთ:

$$S_1 = \sum_{i=0}^{[tm]-1} \sum_{j=0}^{[\theta n]-1} A_{m-i}^{\gamma-2} A_{n-j}^{\delta-2} S_{ij}^{\alpha+1,\,\beta+1} + A_{m-[tm]}^{\gamma-1} \sum_{j=0}^{[\theta n]-1} A_{n-j}^{\delta-2} S_{[tm],\,j}^{\alpha+1,\,\beta+1} + A_{n-[\theta n]}^{\delta-1} \sum_{i=0}^{[tm]-1} A_{m-i}^{\gamma-2} S_{i,\,[\theta n]}^{\alpha+1,\,\beta+1} + A_{m-[tm]}^{\gamma-1} A_{n-[\theta n]}^{\delta-1} S_{[tm],\,[\theta n]}^{\alpha+1,\,\beta+1}. \tag{2.9}$$

თუ შევაფასებთ (2.9)-ში ცალ-ცალკე შესაკრებებს და გავითვალისწინებთ, რომ

$$S_{mn}^{\alpha+1,\,\beta+1} = o\{m^{\alpha+1}\cdot n^{\beta+1}\}; \quad \frac{|S_{mn}^{\alpha+1,\,\beta+1}|}{A_m^{\alpha+1}\cdot A_n^{\beta+1}} \leqq M,$$

მივიღებთ:

$$S_1 = o\{m^{\alpha+\gamma}\cdot n^{\beta+\delta}\}. \quad (m,\ n\to\infty) \tag{2.10}$$

თუ m და n-ს საკმარისად დიდს ავიღებთ, გვექნება

$$\frac{|S_1|}{A_m^{\alpha+\gamma} A_n^{\beta+\delta}} < \frac{\varepsilon}{4}. \tag{2.11}$$

(2.11) და (2.8) უტოლობები ამტკიცებენ ჩვენს თეორემას.

$\mathfrak{S}_{mn}^{\gamma,\delta}$-ით აღვნიშნოთ $f(x, y)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივის (C, γ, β)-საშუალოები, მაშინ

$$\mathfrak{S}_{mn}^{\gamma,\delta} - f(x_0, y_0) = \frac{1}{\pi^2}\int_0^\pi\int_0^\pi \psi(u, v)\, K_m^\gamma(u)\, K_n^\delta(v)\, du dv, \tag{2.12}$$

აქედან

$$\mathfrak{S}_{mn}^{\gamma,\delta} - f(x_0, y_0) = \frac{1}{\pi^2}\int_0^{1/m}\int_0^{1/n} \psi(u, v)\, K_m^\gamma(u)\, K_n^\delta(v)\, du dv$$

$$+ \frac{1}{\pi^2}\int_0^{1/m}\int_{1/n}^{\pi} + \frac{1}{\pi^2}\int_{1/m}^{\pi}\int_0^{1/n} + \frac{1}{\pi^2}\int_{1/m}^{\pi}\int_{1/n}^{\pi} = J_1 + J_2 + J_3 + J_4. \tag{2.13}$$

თანახმად (1.4) და (1.10), როცა $p = 0$, გვექნება

$$|J_1| \leqq M_1. \tag{2.14}$$

(1.5)-ის ძალით $p = 0$-სათვის

$$\left|\int_{1/m}^{\pi}\int_{1/n}^{\pi} \psi(u, v)\, K_m^\gamma(u)\, K_n^\delta(v)\, du dv\right| \leqq \frac{1}{m^\gamma n^\delta}\int_{1/m}^{\pi}\int_{1/n}^{\pi} \frac{|\psi(u, v)|}{u^{\gamma+1}\cdot v^{\delta+1}}\, du dv; \tag{2.15}$$

თუ გამოვიყენებთ ნაწილობითი ინტეგრების ფორმულას, მივიღებთ:

$$\frac{1}{m^\gamma n^\delta}\int_{1/m}^{\pi}\int_{1/u}^{\pi} |\psi(u, v)|\, u^{-\gamma-1} v^{-\delta-1} du dv = \frac{1}{m^\gamma n^\delta}\left\{[\Phi(u, v)\, u^{-\gamma-1} v^{-\delta-1}]\Big|_{1/m}^{\pi}\Big|_{1/n}^{\pi}\right.$$

$$-\left[\frac{-\gamma-1}{v^{\delta+1}}\int_{1/m}^{\pi} \Phi(u, v)\, u^{-\gamma-2} du\right]_{1/n}^{\pi} - \left[\frac{-\delta-1}{u^{\gamma+1}}\int_{1/n}^{\pi} \Phi(u, v)\, v^{-\delta-2} dv\right]_{1/m}^{\pi}$$

$$+ (\gamma+1)(\delta+1)\int_{1/m}^{\pi}\int_{1/n}^{\pi} \Phi(u, v)\, u^{-\gamma-2} v^{-\delta-2} du dv. \tag{2.16}$$

(1.10) პირობის ძალით გვაქვს

$$|J_4| \leqq M_4. \tag{2.17}$$

შემდეგ, როცა $p = 0$ და (1.4), (1.5) უტოლობების ძალით

$$\left|\int_0^{1/m}\int_{1/n}^{\pi} \psi(u, v)\, K_m^\gamma(u)\, K_n^\delta(v)\, du dv\right| \leqq \frac{m}{n^\delta}\int_0^{1/m}\int_{1/n}^{\pi} |\psi(u, v)|\, v^{-\delta-1} du dv, \tag{2.18}$$

$$\left|\int_{1/m}^{\pi}\int_{0}^{1/n}\psi(u,v)K_m^{\gamma}(u)\,K_n^{\delta}(v)\,dudv\right| \leqq \frac{n}{m^{\gamma}}\int_{1/m}^{\pi}\int_{0}^{1/n}|\psi(u,v)|\,u^{-\gamma-1}\,dudv. \tag{2.19}$$

ნაწილობითი ინტეგრების ფორმულისა და (1.10)-ის გამოყენებით ვღებულობთ

$$|J_2| \leqq M_2, \tag{2.20}$$

$$|J_3| \leqq M_3. \tag{2.21}$$

(2.14), (2.19), (2.20), (2.21) და (2.12) გვაძლევს

$$|\mathfrak{S}_{mn}^{\gamma,\delta}| \leqq M \text{ ყველა } m, n\text{-სათვის}. \tag{2.22}$$

ვთქვათ, $f(x, y)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი შეჯამებადია (C, α', β'), მეთოდით (α', $\beta' > 0$) (x_0, y_0) წერტილზე, მაშინ (2.22) უტოლობისა და **4** თეორემის თანახმად ყოველი $\alpha > \gamma$, $\beta > \delta$-სათვის აღნიშნული ფურიეს მწკრივი იქნება (C, α, β) შეჯამებადი (x_0, y_0) წერტილზე. რადგან γ, $\delta > 0$ ნებისმიერი რიცხვებია, ამიტომ თეორემა 1 მთლიანად დამტკიცებულია.

თ ე ო რ ე მ ა 2-ი ს დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ ა. ზოგადობის შეუზღუდავად შეგვიძლია ვიგულისხმოთ $A=0$. (1.2) ფორმულის თანახმად

$$\mathfrak{S}_{mn}^{\alpha,\beta}(f; x_0, y_0; 1, 1) = \frac{4}{\pi^2}\int_0^{\pi}\int_0^{\pi} u\cdot v\cdot\varepsilon(u,v)\,\frac{d}{du}K_m^{\alpha}(u)\,\frac{d}{dv}K_n^{\beta}(v)\,dudv. \tag{2.23}$$

(1.6)-ის ძალით

$$|\mathfrak{S}_{mn}^{\alpha,\beta}(f; x_0, y_0; 1, 1)| \leqq M\int_0^{\pi}\int_0^{\pi}|\varepsilon(u,v)|\,\frac{um^2}{1+m^{\alpha+1}u^{\alpha+1}}\cdot\frac{vn^2}{1+n^{\beta+1}v^{\beta+1}}\,dudv. \tag{2.24}$$

ნაწილობითი ინტეგრების შემდეგ გვექნება

$$\int_0^{\pi}\int_0^{\pi}|\varepsilon(u,v)|\,\gamma_m^{(1)}(u)\,\gamma_n^{(1)}(v)\,dudv = \Phi(\pi,\pi)\,\gamma_m^{(1)}(\pi)\,\gamma_n^{(1)}(\pi)$$

$$-\gamma_n^{(1)}(\pi)\int_0^{\pi}\Phi(u,\pi)\,\frac{d}{du}\gamma_m^{(1)}(u)\,du - \gamma_m^{(1)}(\pi)\int_0^{\pi}\Phi(\pi,v)\,\frac{d}{dv}\gamma_n^{(1)}(v)\,dv \tag{2.25}$$

$$+\int_0^{\pi}\int_0^{\pi}\Phi(u,v)\,\frac{d}{du}\gamma_m^{(1)}(u)\,\frac{d}{dv}\gamma_n^{(1)}(v)\,dudv,$$

სადაც

$$\Phi(u,v) = \int_0^{u}\int_0^{v}|\varepsilon(t,\theta)|\,dtd\theta;$$

რადგან $\alpha, \beta > 1$, (1.7), (1.8) და (1.13) ძალით პირველი, მეორე და მესამე შესაკრებები (2.25) გამოსახულებაში მიისწრაფვიან 0-საკენ, როცა m და n მიისწრაფვიან ∞-საკენ.

ვთქვათ, $\eta > 0$ ნებისმიერი რიცხვია. შევარჩიოთ $\delta > 0$ ისე, რომ $u > \delta$, $v > \delta$-სათვის

$$|\varepsilon(u, v)| \leqq \eta. \tag{2.26}$$

მაშინ

$$\int_0^\pi \int_0^\pi \Phi(u, v) \frac{d}{du} \gamma_m^{(1)}(u) \frac{d}{dv} \gamma_n^{(1)}(v)\, du dv = \int_0^\delta \int_0^\delta + \int_0^\delta \int_\delta^\pi$$

$$+ \int_\delta^\pi \int_0^\delta + \int_\delta^\pi \int_\delta^\pi = J_1 + J_2 + J_3 + J_4. \tag{2.27}$$

(1.8), (2.26) და (1.18) თანაფარდობების თანახმად $|J_1| \leqq M_1 \eta$. J_2, J_3 და J_4 (1.13), (1.8) და (1.9) ძალით მიისწრაფვიან ნულისაკენ, როცა m და n მიისწრაფვიან ∞-საკენ. η რიცხვის ნებისმიერობის გამო

$$\lim_{m, n \to \infty} \mathfrak{S}_{mn}^{\alpha, \beta}(f; x_0, y_0; 1, 1) = 0$$

და თეორემა დამტკიცებულია.

თეორემა 3-ის დამტკიცებას ჩვენ არ მოვიყვანთ.

დნეპროპეტროვსკის სასოფლო-სამეურნეო
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 8.5.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. Ф. Тиман. О (C, α, β) суммируемости двойных рядов. ДАН СССР, т. 76, № 5, 1951.
2. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды. ГОНТИ, 1939.

მათემატიკა

ა. ჯვარშეიშვილი

ფუბინის თეორემის შესახებ ორჯერადი დანჟუას ინტეგრალისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 9.7.1953)

მრავალი ცვლადის ფუნქციის შემთხვევაში არსებობს ჯერადი ინტეგრალების რიგი განსაზღვრები, რომლებიც დანჟუას ინტეგრალის განმარტების ანალოგიურია. ასეთი სახის განსაზღვრა მოცემულია [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9] შრომებში.

ამ სტატიაში ჩვენ ვიხილავთ ორჯერად ინტეგრალს, რომლის განსაზღვრა მოცემული იყო ვ. ჭ ე ლ ი ძ ი ს მიერ და ამ აზრით ინტეგრებად ფუნქციებს მოკლედ ვუწოდებთ $(D-T)$ აზრით ინტეგრებად ფუნქციებს.

ვთქვათ, $R_0=[(a, b)(c, d)]$ ინტერვალზე მოცემულია $F(x, y)$ ფუნქცია და ინტერვალი $r=[(\alpha, \beta)(\gamma, \delta)]\subseteq P_0$. შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$F(r)=F(\alpha, \gamma)-F(\alpha, \delta)-F(\beta, \gamma)+F(\beta, \delta).$$

აღვნიშნოთ $[A\cdot B]$ სიმბოლოთი A და B სიმრავლეების ნამრავლი. ვთქვათ, სიმრავლე $E\subset R_0$. რაიმე r ინტერვალს ვუწოდოთ პირველი გვარის E სიმრავლის მიმართ, თუ მისი რომელიმე ორი მოპირდაპირე წვერო ეკუთვნის E სიმრავლეს.

$F(x, y)$ ფუნქციას უწოდებენ აბსოლუტურად უწყვეტს R_0 ინტერვალზე, თუ ყოველი $\varepsilon>0$-სათვის მოიძებნება ისეთი $\eta>0$, რომ უტოლობიდან

$$\sum_{k=1}^{n}|r_k|<\eta \tag{1}$$

გამომდინარეობს უტოლობა

$$\sum_{k=1}^{n}|F(r_k)|<\varepsilon, \tag{2}$$

სადაც $\{r_k\}$ არაგადამკვეთ ინტერვალთა სისტემაა.

ქვემოთ მოყვანილი განსაზღვრები შემოყვანილი იყო ვ. ჭელიძის შრომებში [4, 5].

განსაზღვრა 1. უწყვეტ $F(x, y)$ ფუნქციას უწოდებენ აბსოლუტურად უწყვეტს E სიმრავლეზე, თუ ყოველი $\varepsilon>0$-სათვის მოიძებნება ისეთი $\eta>0$, რომ (1) უტოლობა მოასწავებს (2) უტოლობას, ამასთან $\{r_k\}$-ინტერვალები არის პირველი გვარისა E-ს მიმართ.

ასეთ ფუნქციათა კლასი $(AC)_1$-ით აღვნიშნოთ.

განსაზღვრა 2. უწყვეტ $F(x, y)$ ფუნქციას უწოდებენ აბსოლუტურად უწყვეტს E სიმრავლეზე, თუ არსებობს R_0-ზე აბსოლუტურად უწყვეტი ისეთი ფუნქცია $\Psi(x, y)$, რომ

$$F(x, y) = \Psi(x, y),$$

როცა $(x, y) \in E$.

ასეთ ფუნქციათა ოჯახი $(AC)_2$-ით აღვნიშნოთ.

განსაზღვრა 3. უწყვეტ $F(x, y)$ ფუნქციას უწოდებენ აბსოლუტურად უწყვეტს E სიმრავლეზე, თუ იგი არის ერთდროულად $(AC)_1$ და $(AC)_2$ კლასის ფუნქცია E სიმრავლეზე.

ასეთ ფუნქციათა კლასს ჩვენ $(AC)_3$-ით აღვნიშნავთ.

განსაზღვრა 4. უწყვეტ $F(x, y)$ ფუნქციას უწოდებენ $(ACG)_i$ $(i = 1, 2, 3)$ კლასის ფუნქციას E სიმრავლეზე, თუ

$$E = \sum_{k=1}^{\infty} E_k,$$

და ყოველ E_k-სიმრავლეზე $F(x, y)$ არის $(AC)_i$ კლასის ფუნქცია.

განსაზღვრის თანახმად, ზომად $f(x, y)$ ფუნქციას ეწოდება $(D-T)$ ინტეგრებადი, თუ არსებობს R_0-ზე ისეთი $(ACG)_1$ კლასის უწყვეტი $F(x, y)$ ფუნქცია, რომ თითქმის ყველგან R_0-ზე

$$D_{ap}F(x, y) = f(x, y),$$

სადაც

$$D_{ap}F(x, y) = \lim_{(h, k)\to 0} ap \frac{F(x, y) - F(x+h, y) - F(x, y+k) + F(x+h, y+k)}{h \cdot k}.$$

სიმბოლოებით

$$\frac{\partial^2_{ap}F(x, y)}{\partial x \partial y}, \quad \frac{\partial^2_{ap}F(x, y)}{\partial y \partial x}$$

აღვნიშნოთ აპროქსიმატული წარმოებულების

$$\frac{\partial_{ap}F(x, y)}{\partial x}, \quad \frac{\partial_{ap}F(x, y)}{\partial y}$$

აპროქსიმატული წარმოებულები.

$(ACG)_2$ კლასის ფუნქციებისათვის სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 1. თუ $F(x, y)$ არის $(ACG)_2$ კლასის ფუნქცია R_0-ზე, მაშინ თითქმის ყველგან R_0-ზე

$$\frac{\partial^2_{ap}F(x, y)}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2_{ap}F(x, y)}{\partial y \partial x} = D_{ap}F(x, y).$$

ვთქვათ, $E \subset R_0$. სიმბოლოთი $D_E F(x, y)$ ჩვენ აღვნიშნავთ $F(x, y)$ ფუნქციის წარმოებულს E-სიმრავლის მიმართ, ე. ი.

$$D_E F(x, y) = \lim_{(h, k)\to 0} \frac{F(x, y) - F(x+h, y) - F(x, y+k) + F(x+h, y+k)}{h \cdot k},$$

სადაც წერტილები (x, y), $(x+h, y)$, $(x, y+k)$, $(x+h, y+k)$ E სიმრავლეს ეკუთვნის.

დავუშვათ, რომ არსებობს შემდეგი ინტეგრალები:

$$F(x, y)=\int_a^x dt \int_c^y f(t, \tau)\, d\tau,$$

$$\Psi(x, y)=\int_c^y d\tau \int_a^x f(t, \tau)\, dt,$$

$$T(x, y)=\int_a^x \int_c^y f(t, \tau)\, dt d\tau,$$

სადაც პირველ ორ გამოსახულებაში ინტეგრალი გვესმის დანჟუა—ხინჩინის აზრით, უკანასკნელში კი—$(D-T)$ აზრით.

თანახმად გ. ტოლსტოვის [3] განსაზღვრისა, $f(x, y)$ ფუნქციას ეწოდება განმეორებითი ინტეგრებადი R_0 ინტერვალზე, თუ ყოველი $r=[(\alpha, \beta)(\gamma, \delta)] \subseteq R_0$-სათვის გვაქვს

$$\int_\alpha^\beta dx \int_\gamma^\delta f(x, y)\, dy=\int_\gamma^\delta dy \int_\alpha^\beta f(x, y)\, dx.$$

ქვემოთ მოყვანილი თეორემები შეეხება $(D-T)$ ინტეგრებადი ფუნქციების განმეორებით ინტეგრებადობას.

თეორემა 2. თუ $F(x, y)$ და $\Psi(x, y)$ არის $(ACG)_3$ კლასის ფუნქციები R_0 ინტერვალზე, მაშინ ყოველ ინტერვალისათვის $r=[(\alpha, \beta)(\gamma, \delta)] \subseteq R_0$ სამართლიანია ტოლობა

$$\int_\alpha^\beta \int_\gamma^\delta f(t, \tau)\, dt d\tau=\int_\alpha^\beta dt \int_\gamma^\delta f(t, \tau)\, d\tau=\int_\gamma^\delta d\tau \int_\alpha^\beta f(t, \tau)\, dt. \tag{3}$$

თეორემა 3. ვთქვათ, $F(x, y)$ და $\Psi(x, y)$ არის $(ACG)_1$ კლასის ფუნქციები R_0-ზე. თუ

$$R_0=\sum_{k=1}^{\infty} E_k$$

და ყოველ E_k ზომად სიმრავლეზე თითქმის ყველგან არსებობენ $D_{E_k} F(x, y)$, $D_{E_k} \Psi(x, y)$, მაშინ სამართლიანია (3) ტოლობა.

თეორემა 4. ვთქვათ,

$$R_0=\sum_{k=1}^{\infty} H_k,$$

სადაც $H_k = [E_k \cdot (c, d)]$ და ყოველ ჩაკეტილ H_k სიმრავლეზე $T(x, y)$ არის $(AC)_1$ კლასის ფუნქცია.

თუ $\dfrac{\partial T(x, y)}{\partial y}$ უწყვეტია x-ის მიმართ თითქმის ყველა y-სათვის, მაშინ სამართლიანია (3) ტოლობა.

ვთქვათ, $\varphi(x)$, $\psi(y)$ არის დანჟუა—ხინჩინის აზრით ინტეგრებადი ფუნქციები, შესაბამისად, (a, b), (c, d) ინტერვალებზე და

$$\Phi(x, y) = \varphi(x) \cdot \psi(y).$$

ამ პირობებში სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 5. ფუნქცია $\Phi(x, y)$ ინტეგრებადია $(D-T)$ აზრით R_0-ზე და

$$\int_{\alpha}^{\beta} \int_{\gamma}^{\delta} \Phi(x, y)\, dx\, dy = \int_{\alpha}^{\beta} \varphi(x)\, dy \int_{\gamma}^{\delta} \psi(y)\, dy.$$

გ. ტოლსტოვის [3] შრომაში მოცემულია რიგი საკმარისი პირობები $f(x, y)$ ფუნქციის განმეორებითი ინტეგრებადობისათვის; 2, 3, 4 თეორემაში მოყვანილი საკმარისი პირობები განსხვავდება გ. ტოლსტოვის პირობებისაგან. შეიძლება ისეთი $f(x, y)$ ფუნქციის აგება, რომელიც დააკმაყოფილებს ჩვენი თეორემის პირობებს და არ დააკმაყოფილებს გ. ტოლსტოვის პირობებს, და პირიქით.

ვთქვათ, R_0 ინტერვალზე განსაზღვრულია $P(x, y)$ და $Q(x, y)$ ფუნქციები. თანახმად გ. ტოლსტოვის განსაზღვრისა, დანჟუა—ხინჩინის აზრით წირითი ინტეგრალი $P\,dx + Q\,dy$ გამოსახულებიდან $C[x = \varphi(t),\ y = \psi(t),\ \alpha \leqq t \leqq \beta]$ წირის გასწვრივ ეწოდება

$$\int_C Pdx + Qdy = \int_{\alpha}^{\beta} [P(\varphi, \psi)\, \varphi'(t) + Q(\varphi, \psi)\, \psi'(t)]\, dt,$$

სადაც $\varphi(t)$ და $\psi(t)$ აბსოლუტურად უწყვეტი ფუნქციებია.

თეორემა 6. ვთქვათ, $\dfrac{\partial P}{\partial y}$, $\dfrac{\partial Q}{\partial x}$ ფუნქციებისათვის შესრულებულია (3) ტოლობა და არსებობს წირითი ინტეგრალი

$$\int_C Pdx + Qdy,$$

სადაც C არის S ელემენტარული ფიგურის საზღვარი.

თუ $P(x, y)$ და $Q(x, y)$ არის (ACG)[1] კლასისა, შესაბამისად, y და x ცვლადების მიმართ, მაშინ

$$\iint_S \left(\frac{dQ}{dx} - \frac{dP}{dy}\right) dxdy = \int_C Pdx + Qdy.$$

[1] (ACG) კლასის განსაზღვრა იხ. წიგნში: С. Сакс. Теория интеграла, გვ. 322.

[3] შრომაში მოყვანილ მსჯელობათა საშუალებით შეიძლება დამტკიცდეს შემდეგი თეორემები.

თეორემა 7. ვთქვათ, თითქმის ყველგან R_0-ზე

$$\frac{\partial P}{\partial y}=\frac{\partial Q}{\partial x}. \tag{4}$$

თუ ფუნქციები

$$\int_a^x dt\int_c^y \frac{\partial P}{\partial \tau}\, d\tau,\quad \int_c^y d\tau\int_a^x \frac{\partial P}{\partial \tau}\, d\tau \tag{5}$$

$(ACG)_3$ კლასის ფუნქციებია R_0-ზე, მაშინ არსებობს ისეთი უწყვეტი $H(x, y)$ ფუნქცია, რომ თითქმის ყველგან R_0-ზე

$$\frac{\partial H}{\partial x}=P,\quad \frac{\partial H}{\partial y}=Q. \tag{6}$$

თეორემა 8. ვთქვათ, (5) ფუნქციები ეკუთვნის $(ACG)_1$ კლასს R_0-ინტერვალზე და თითქმის ყველგან შესრულებულია (4) ტოლობა.

თუ

$$R_0=\sum_{k=1}^{\infty} E_k$$

და ყოველ E_k ზომად სიმრავლეზე თითქმის ყველგან არსებობენ (5) ფუნქციების წარმოებულები E_k სიმრავლის მიმართ, მაშინ არსებობს $H(x, y)$ ფუნქცია, რომლისთვის სამართლიანია (6) ტოლობები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 9.7.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. P. Romanovski. Intégrale de Denjoy dans l'espace á n dimensions. Матем. сборник, т. 9, 1941, стр. 281—307.
2. P. Romanovski. Intégrale de Denjoy dans l'espace abstraits. Матем. сборник, т. 9, 1941, стр. 67—120.
3. Г. П. Толстов. О криволинейном и кратном интеграле. Труды матем. инст. им. В. А. Стеклова, т. XXXV, 1950.
4. В. Г. Челидзе. О производных числах функции от двух переменных. Труды Тбилисского мат. инст. им. А. М. Размадзе, т. II, 1937.
5. В. Г. Челидзе. Двойные интегралы. Труды Тбил. мат. инст. им. А. М. Размадзе, т. XV, 1947.

6. M. Krzyżan'ski. Sur l'extension de l'opération intégrale de Denjoy aux fonctions de deux variables. Bull. de Séminaire Math. de l'Université de Wilno, 2, 1939, p. 41—51.

7. M. Krzyżan'ski. Sur les fonctions absolument continues généralisées de deux variables. C. R. Acad. Sci. Paris, 198, 1934, p. 2058—2060.

8. H. Looman. Sur la totalisation des derivées des fonctions continues de plusieurs variables indèpendantes. Fund. Math., t. 4, 1923, p. 246—285.

9. S. Kempisty. Sur les fonctions absolument continues d'intervalle. Fund. Math., t. 27, 1936, p. 10—37.

მეტეოროლოგია

ი. ქურდიანი

ფსიქრომეტრიული ცხრილების ნომოგრაფიული წესით წარმოდგენა

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ე. ხარაძემ 1.7.1953)

როგორც ცნობილია, მეტეოროლოგიურ სადგურებზე ჰაერის სინოტივის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ ფსიქრომეტრიული ცხრილებით, რომელთა გამოცემა დიდ ხარჯებთან არის დაკავშირებული.

უნდა აღინიშნოს, რომ საკმაო სიზუსტისა და სათანადოდ შერჩეულ ნომოგრამათა აგებით შესაძლებელია შეიცვალოს არა მარტო ძვირი ფსიქრომეტრიული ცხრილები, არამედ ამასთან ერთად მათი მოხმარებით უფრო გაადვილდეს მეტეოროლოგიური სადგურების მუშაობა.

დ. მოცერისა და რ. ფიტცის მიერ [3] პირველად 1940 წელს შემუშავებულმა ფსიქრომეტრიულმა ნომოგრამებმა ვერ პოვეს გამოყენება მეტეოროლოგიაში იმის გამო, რომ სველი თერმომეტრის (t_1) სკალა ვერ იყო შერჩეული სათანადოდ. გარდა ამისა, აღნიშნული ავტორების მიერ ნომოგრამის შედგენისათვის გამოყენებული იყო ისეთი ფორმულა, რომლის შედეგები განსხვავდება საერთოდ მიღებული ფსიქრომეტრიული ფორმულისაგან:

$$e = E_1 - Ap(t - t_1) \quad \text{და} \quad r = \frac{e}{E}100, \tag{1}$$

სადაც $A = 0{,}0007947$ და E, E_1 არის წყლის ორთქლის მაქსიმალური დრეკადობა t და t_1 ტემპერატურების დროს. ნომოგრამის ასაგებად ჩვენ სრულიად დასაშვებად მივაჩნია ვისარგებლოთ მაგნუსის ემპირიული ფორმულით

$$E = 6{,}11 \cdot 10^{\frac{at}{b+t}} \text{ მბ}, \tag{2}$$

რომელიც, როგორც ცნობილია [1], კარგ შედეგებს იძლევა — 50° C-მდე.

თუ მხედველობაში მივიღებთ შეფარდებითი სინოტივის განმარტებას, დავწერთ:

$$r = \frac{e}{E}100 = 100\,\frac{E_1 - Ap(t - t_1)}{E} = \left[\frac{E_1}{E} - A\frac{p}{F}(t - t_1)\right]100. \tag{3}$$

გამოვიყენებთ რა (2) ფორმულას t და t_1-თვის, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\frac{E_1}{E} = 10^{-\frac{a}{b}\left[\frac{t}{1+\frac{t}{b}} - \frac{t_1}{1+\frac{t_1}{b}}\right]} = e^{-\frac{a}{b}\lg_e 10 \cdot \left[\frac{t}{1+\frac{t}{b}} - \frac{t_1}{1+\frac{t_1}{b}}\right]};$$

ამიტომ გვექნება:

$$r=100\left[e^{-k\cdot\Delta(t,t_1)}-A\frac{p}{E}(t-t_1)\right], \tag{4}$$

სადაც:

$$\Delta(t,t_1)=\frac{t}{1+\frac{t}{b}}-\frac{t_1}{1+\frac{t_1}{b}}\,. \tag{5}$$

$$k=\frac{a}{b}\,lg_e\,10\begin{cases}=0{,}0727 & \text{წყლისათვის}\\ =0{,}0824 & \text{ყინულისათვის}\end{cases} \tag{6}$$

თუ (5) ფორმულაში უგულვებელვყოფთ მცირე ნაწევრებს $\frac{t}{b}\ll 1$ და $\frac{t_1}{b}\ll 1$, მაშინ (4) ფორმულა $p=p_0=1000$ მბ და $t=t_0=$მუდმ. მიიღებს სახეს:

$$log\left(\frac{100-r}{100}\right)=C+log\,(t_0-t_1), \tag{7}$$

სადაც:

$$\left.\begin{aligned}C&=log\,[k+f(t_0)]\\ f(t_0)&=A\,\frac{p_0}{E_0}\,\cdot\end{aligned}\right\} \tag{8}$$

(7) ფორმულა შეიძლება გამოვიყენოთ საჭირო ნომოგრამის შესადგენად, მაგრამ უმჯობესი იქნება ვისარგებლოთ უფრო ზუსტი (4) ფორმულით, თუ მასში არ უგულვებელვყოფთ მცირე ნაწევრებს $\frac{t}{b}$ და $\frac{t_1}{b}$ და წინასწარ დავამზადებთ $\Delta(t,t_1)$ ფუნქციის ცხრილს (5) ფორმულის მიხედვით, რაც დიდ სიძნელეს არ წარმოადგენს.

მართლაც, თუ ვისარგებლებთ კრებადი მწკრივის პირველი ორი წევრით:

$$e^{-k\cdot\Delta(t,t_1)}=1-k\cdot\Delta(t,t_1)+\cdots$$

მივიღებთ

$$\frac{100-r}{100}=k\cdot\Delta(t\cdot t_1)+f(t_0)\,(t_0-t_1), \tag{9}$$

სადაც

$$f(t_0)=A\,\frac{p_0}{E_{t_0}} \tag{10}$$

აქვს გარკვეული მნიშვნელობები $t=t_0$ და $t=t_1$-თვის. $f(t)$ ფუნქციის მნიშვნელობანი წინასწარ გამოითვლება ცხრილის სახით და უკვე ამის შემდეგ შევუდგებით ნომოგრამის შედგენას [2].

ნომოგრამა აიგება ტემპერატურის (t) მხოლოდ იმ შუალედებისათვის, რომელთათვისაც, თანახმად „ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგურების დარიგებისა“ [3], (1) ფორმულა დასაშვებია სარგებლობისათვის, ე. ი. — 5° C-მდე.

მილიმეტრიანი ქაღალდის ფურცელზე გავავლოთ წრფეწირი, დახრილი ჰორიზონტალურ წრფეწირთან 45°-ით და დავარქვათ მას 100%-ანი ხაზი. ამ წრფეწირისადმი გავავლოთ 30° კუთხით ურთიერთპარალელური წრფეწირები. დავნომროთ ეს წრფეწირები ზემოდან ქვევითკენ 50°-დან — 5°-მდე, ამ t წრფეწირთა 100%-იან ხაზთან გადაკვეთის წერტილებზე გავავლოთ ურთიერთპარალელური წრფეწირები აბსცისათა ღერძის პარალელურად (ჰორიზონტალურად); ეს ხაზები გამოხატავს t_1 ტემპერატურის სვლას. რადგან ნომოგრამა ქაღალდის მილიმეტრიან ფურცელზე აიგება, t_1 ტემპერატურისათვის 1° უდრის 1 სანტიმეტრს და ამიტომ მისი ათვლები მოხდება 0°,1 სიზუსტით, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს; t ტემპერატურის სკალა კი მოცემულ იქნება 1°-ის მანძილებით იმვარაუდით, რომ თვალით ადვილად შეიძლებოდეს 0°,1-ის ზუსტი ანათვალის მიღება.

დაგვრჩა ახლა მხოლოდ r შეფარდებითი სინოტივის ხაზების გავლება. ამისათვის საკმარისია ავირჩიოთ t_0-ის რომელიმე გარკვეული მნიშვნელობა და გამოვთვალოთ მისთვის r-ის ყველა შესაძლებელი მნიშვნელობა, დაწყებული $t_0=t_1$-დან, სადაც $r=100\%$. ასეთი გზით მოპოვებული მნიშვნელობები წვრილი ციფრებით წაეწერება იმ ადგილებში, სადაც t_0 და t_1 წრფეწირები ერთმანეთს კვეთენ. მივიღებთ ისეთ წყებას რიცხვებისას, რომლებიც პროგრესულად მატულობენ მარჯვნიდან მარცხნივ.

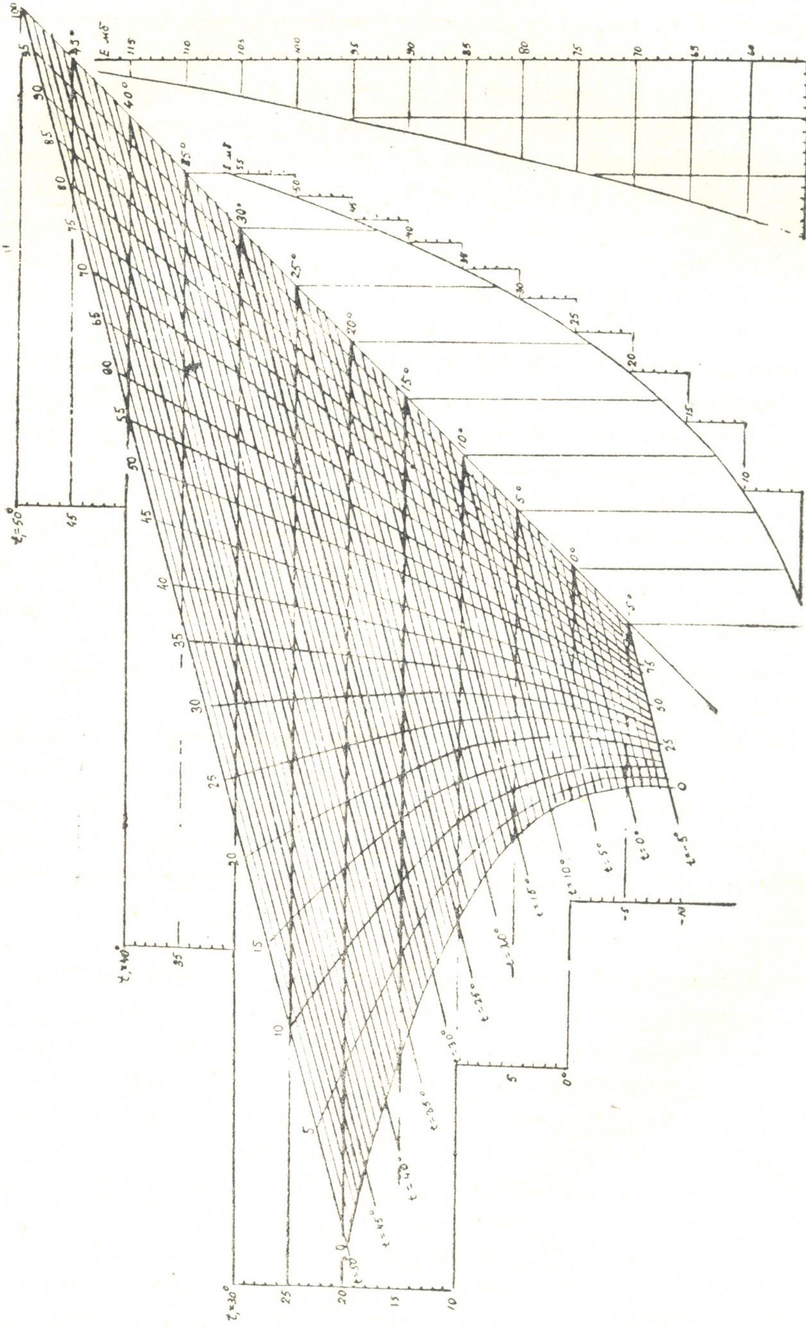
თუ ასე მოვექცევით ყველა t_0=მუდმ. იზოთერმებს, მაშინ შეგვიძლია გავავლოთ r იზოხაზებიც, რისთვისაც საჭიროა აღნიშნულ წრფეწირებზე წარწერილი ერთნაირი შეფარდებითი სინოტივის მაჩვენებელი რიცხვების შეერთება. ყველა ეს გამოთვლა (9) ფორმულის მიხედვით ხდება. უკიდურესი მრუდის $r=0\%$ გასავლებად (მარცხნივ) შეიძლება გამოვიყენოთ განტოლება

$$[k+f(t)](t-t_1)=1, \tag{11}$$

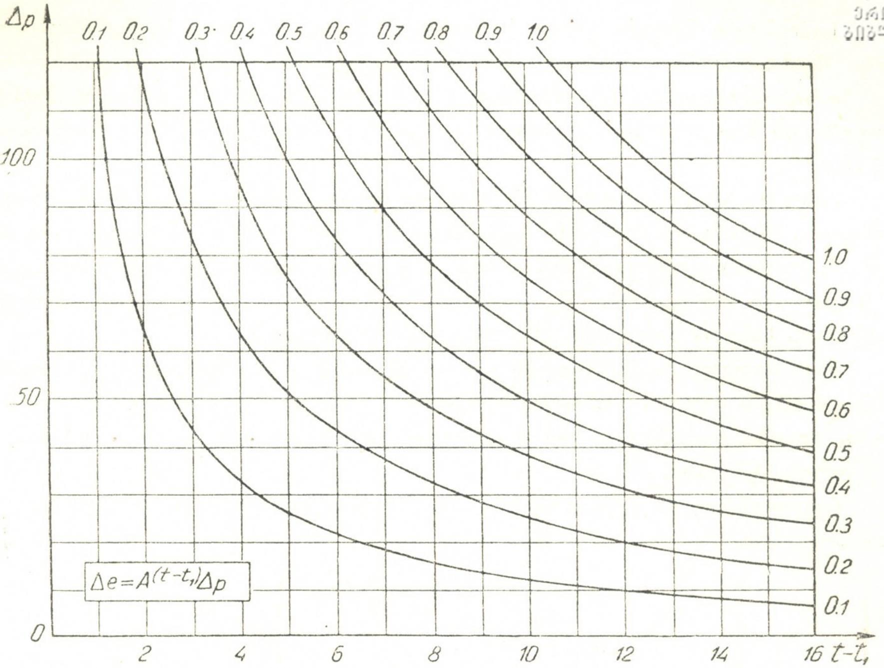
რომელიც მიიღება (9) ფორმულიდან, თუ მივიღებთ, რომ $r=0\%$.

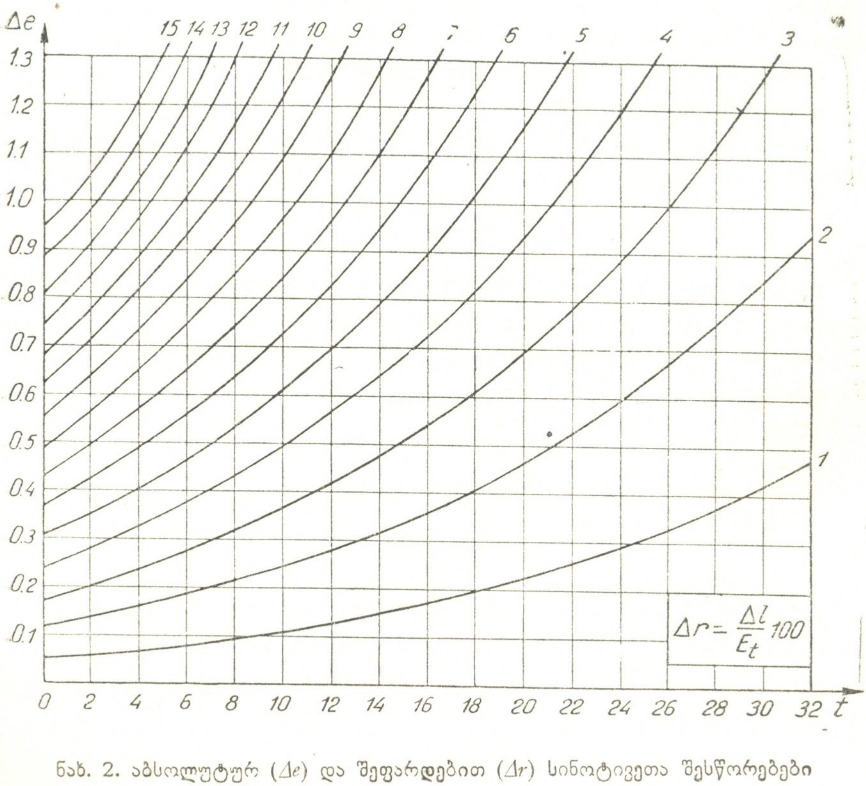
თანდართულ ნახ. 1-ზე შემცირებული სახით მოცემულია ფსიქრომეტრიული ნომოგრამის სქემა. ნომოგრამის სამუშაო ფურცელი ისეთი მასშტაბისა უნდა იყოს, რომ ადვილი იყოს ანათვლების ზუსტად აღება. რადგან მილიმეტრიანი ქსელი არის საფუძველი, ამიტომ უმჯობესია t_1-თვის ავიღოთ 1 სმ 1°-თვის. ეს უზრუნველყოფს ანათვლების მიღების 0°,1-ის სიზუსტით t_1-თვის, ხოლო მარჯვნიდან მარცხნივ დახრილი წრფეწირებისათვის, რომლებიც t წარმოადგენენ, საკმარისია გავავლოთ მხოლოდ 1°-იანი დაშორებით, — მეათედების ათვლა მაშინ საკმაოდ ზუსტად მოხდება.

ნახ. 1-ზე მოცემულია r-ის მნიშვნელობანი ყოველი 5%-თვის, სამუშაო ფურცელზე კი საჭიროა ამ ხაზების გავლება თითოეული 1%-ით, რაც სავსებით შესაძლებელია. ნომოგრამის ქვედა ნაწილში ეს ხაზები შეჯგუფდება, მაგრამ ზუსტი დახაზვის შედეგად ისინი ერთმანეთს არ მიეკვრიან.



ნახ. 1. ფსიქრომეტრიული ნომოგრამის სქემა





ნახ. 2. აბსოლუტურ (Δe) და შეფარდებით (Δr) სინოტივეთა შესწორებები

საძიებელი შეფარდებითი სინოტივის მოსაპოვებლად საკმარისია მოინახოს შესაბამის წრფეწირთა ურთიერთგადაკვეთის წერტილი დახრილი t — და ჰორიზონტალური t_1 ხაზებისა; ეს წერტილი აღმოჩნდება რომელიმე r მრუდზე ან მის ახლოს. მაგალითად, $t=20^\circ,0$ და $t_1=10^\circ,0$-თვის ვპოულობთ $r=18,6\%$.

აბსოლუტური სინოტივის მოსაპოვებლად ნომოგრამაზე მარჯვნივ გავლებულია წყლის ორთქლის მაქსიმალური დრეკადობის მრუდი, როგორც t ტემპერატურის ფუნქცია. 0,1 მბ-ის სიზუსტით მასზე შეიძლება ავითვალოთ მაქსიმალური დრეკადობა E_t, რომლის გამრავლება მოპოვებულ პროცენტზე (ნაწევრის სახით) მოგვცემს აბსოლუტურ სინოტივეს.

მაგალითად, $t=20^\circ,0$-თვის გვაქვს $E_{20}=23,4$ მბ; მაშასადამე, $e=23,4\times 0,19=4,45$ მბ. რადგან ნომოგრამები, ისევე, როგორც ფსიქრომეტრიული ცხრილები, აიგება $p=1000$ მბ-ის მიხედვით, ამიტომ საჭიროა კიდევ მოინახოს შესწორება წნევაზე.

ჩვეულებრივ ეს შესწორებები მოიპოვება ცხრილებით, რომლებიც დგება ფორმულების

$$\left.\begin{aligned}\Delta e&=0.0007947\,(t-t_1)\,\Delta p,\\ \Delta r&=\frac{\Delta e}{E}\,100\end{aligned}\right\} \tag{12}$$

მიხედვით. უფრო ხელსაყრელია სათანადო გრაფიკების შედგენა (ნახ. 2), რომელთა შემწეობით ადვილად მოინახება საძიებელი შესწორებები.

მაგალითად, თუ წნევა იყო $p=900$ მბ, მაშინ $t-t_1=10^\circ$ და $t=20^\circ$-თვის ამ გრაფიკებზე მოვნახავთ:

$\Delta e=0,8$ მბ და $\Delta r=3,3\%$. ამ შესწორებათა შეტანა (ზემოთ მოყვანილი მაგალითის მიხედვით) მოგვცემს:

$$e=5,3 \text{ მბ და } r=22\%.$$

აღნიშნული გრაფიკები უმჯობესია მოთავსდეს თვით ნომოგრამაზე თავისუფალ კუთხეში მარცხნივ ან მარჯვნივ, სადაც უფრო მოსახერხებელია.

როგორც ფსიქრომეტრიული ცხრილები, ისე ეს ნომოგრამები გამოიყენება ვენტილირებული ფსიქრომეტრისათვისაც (ასმანისა). ამისათვის, როგორც ცნობილია, უნდა შედგეს სათანადო შესწორებები:

$$\left.\begin{aligned}\Delta e&=k\,(t-t_1)\,p\\ \Delta r&=\frac{\Delta e}{E}\,100\end{aligned}\right\} \tag{13}$$

სადაც $k=0,0007947-0,000622=0,00013$ არის სხვაობა ფსიქრომეტრიული მუდმივებისა აუგუსტისა და ასმანის ფსიქრომეტრებს შორის.

უფრო ხელსაყრელია ეს შესწორებები წარმოდგენილ იქნეს დიაგრამების სახით მსგავსად ნახ. 2-სა.

ამგვარად, ნომოგრამის აგება წრფეხაზოვანი სკალებით t და t_1-თვის იძლევა მათი ათვლის საშუალებას 0°.1-ის სიზუსტით, რაც შესაძლებელს ხდის მათს მოხმარებას მეტეოროლოგიური სადგურების მუშაობაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 2.7.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. С. Зверев, Б. В. Кирюхин, К. Я. Кондратьев, Е. С. Селезнева, П. Н. Тверской, М. И. Юдин. Курс метеорологии (физика атмосферы). А—Д, 1951.
2. Н. А. Глаголев. Теоретические основы номографии. М.—Л., 1934.
3. Д. Мойцер и Р. Фиттц. Кондиционирование воздуха. М.—Л., 1940.
4. Наставление гидрометеорологическим постам и станциям. М—Л., 1951.

ბიოქიმია

პ. ქომეთიანი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი) და ე. კლეინი

ადენოზინტრიფოსფატის რესინთეზის გზების შესახებ

ინოზინტრიფოსფატის რეამინირება თავის ტვინის ჰომოგენატში

ადენოზინტრიფოსფატი ნერვული ქსოვილის, ისე როგორც სხვა ქსოვილებისა და ორგანოების, ენერგეტიკაში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს. როგორც ირკვევა, ნერვულ ქსოვილში აგზნებისა და შეკავების პროცესი მჭიდროდ არის დაკავშირებული ამ ნაერთის ცვლასთან [1]. ადენოზინტრიფოსფატის დაშლა იძლევა ენერგიას, რომელიც იხარჯება ქსოვილის ფუნქციაზე. ეს როლი კარგად არის შესწავლილი კუნთში. მართალია, ნერვული ქსოვილის შემთხვევაში ჯერ კიდევ არ არის გარკვეული ფუნქციის კავშირი ადენოზინტრიფოსფატის დაშლის ენერგიასთან, მაგრამ კუნთის ქსოვილთან ანალოგიის მიხედვით შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ენერგია იხარჯება იმ დინამიკური წონასწორობის აღდგენაზე, რომელიც საჭიროა აგზნებისა და შეკავების პროცესის ნორმალური მსვლელობისათვის.

ადენოზინტრიფოსფატი ქსოვილში განიცდის სწრაფ დაშლას—დეფოსფორილებასა და დეზამინირებას. პირუკუ პროცესები, რომელნიც აპირობებენ ადენოზინტრიფოსფატის დონის მოძრავ წონასწორობას, შესწავლილია მხოლოდ ფოსფორილირების შემთხვევისათვის. იმის შესახებ, თუ როგორ წარმოებს ამინირება, ე. ი. ადენილის მჟავას შექმნა ინოზინის მჟავასგან, გამოთქმულია მხოლოდ მოსაზრებათა რიგი. ექსპერიმენტული მონაცემები ჯერ კიდევ მიღებული არ არის. ფიქრობენ, რომ ამინირება ხდება ამონიუმის იონების ანდა ამინომჟავათა ხარჯზე [2]. უკანასკნელი დროს, იმ აღმოჩენასთან დაკავშირებით, რომ გლუტამინის მჟავას ამინისა და ამიდის ჯგუფს ახასიათებს განსაკუთრებული მოძრაობის უნარი, გამოითქვა აზრი ინოზინის მჟავას ამინირების შესაძლებლობის შესახებ ზემოხსენებულ ნაერთთა აზოტის საშუალებით. ფიქრობენ, რომ ამონიუმის იონი, რომელიც თავისუფლდება აგზნების პროცესის დროს, ადენილის მჟავასგან წარმოიქმნება. შემდეგ ამონიუმის იონი იბოჭება გლუტამინის მჟავათი, გლუტამინის შექმნით და გლუტამინიდან კი უბრუნდება ისევ ადენილის მჟავას [2].

ვინაიდან დიდად საინტერესოა ადენოზინტრიფოსფატის სინთეზის გზების ექსპერიმენტული გამოკვლევა, აგრეთვე იმის გამო, რომ ეს საკითხი უშუალოდ დაკავშირებულია მუშაობასთან, რომელიც მიმდინარეობს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიოლოგიის ინსტიტუტის ბიოქიმიის განყოფილებაში (გლუტამინის მჟავას გარდაქმნის შესწავლა თავის ტვინში), ჩვენ

მიერ დაწყებული იყო ამ მიმართულებით გამოკვლევა. მიღებულია წინასწარი შედეგები, რომელნიც გარკვეულ პასუხს იძლევიან ზემოთ დასმულ საკითხზე.

მ ე თ ო დ ი კ ა

ინოზინტრიფოსფორის მჟავას ამინირების პირობები შესწავლილი იყო ვირთაგვების თავის ტვინის ჰომოგენატში. ინოზინტრიფოსფატის პრეპარატი დამზადებული იყო ჩვენ მიერ ლენინგერის მიხედვით [3]. თავის ტვინის ჰომოგენატი (20%) მზადდებოდა 0,1 მ კალიუმ-ფოსფატის ბუფერზე, pH 7,6. სარეაქციო ნარევი შეიცავდა შემდეგ კომპონენტებს საბოლოო კონცენტრაციით:

კალიუმ-ფოსფატის ბუფერი	0,04 მ
ინოზინტრიფოსფატი	0,01 მ
მაგნიუმის ქლორიდი	0,003 მ

ზემოხსენებულის გარდა სარეაქციო ნარევს ემატებოდა ამინის ჯგუფის ერთ-ერთი დონატორი: გლუტამატი, გლუტამინი, ამონიუმის ციტრატი, ქარვის მჟავას მონოამიდი—0,01 მ კონცენტრაციით. სითხის საერთო მოცულობა უდრიდა 5 მლ-ს, ტვინის ქსოვილი ცდისთვის აიღებოდა 0,5 გ—0,6 გ რაოდენობით სინჯარაზე. ცდა ტარდებოდა ტუნბერგის სინჯარაში.

ჟანგბადის ატმოსფეროში ერთი საათის ინკუბირების შემდეგ ისაზღვრებოდა ამინირების ინტენსივობა (ე. ი. ადენილის მჟავასა და ადენოზინტრიფოსფატის) დეზამინაზის პრეპარატის ზემოქმედებისა და ამონიაკის შემდგომი განსაზღვრის საშუალებით. დეზამინაზა (ე. ი. მიოზინის პრეპარატი, რომელიც, როგორც ცნობილია, დეზამინაზური აქტივობით ხასიათდება, მეშკოვასა და სევერინის მიხედვით [4] მზადდებოდა ვირთაგვის ჩონჩხის კუნთებიდან. დეზამინირება წარმოებდა ერთი საათის განმავლობაში pH 5,9, $t=37^0$-ზე.

მუშაობის პროცესში გამოირკვა, რომ სარეაქციო ნარევის ინკუბირებისას ადგილი აქვს გლუტამინის ნაწილობრივ ჰიდროლიზს და ამონიაკის განთავისუფლებას. გლუტამინი იქმნებოდა ან გლუტამინის მჟავას ჟანგვითი დეზამინირების შედეგად, ანდა გარედან ემატებოდა ამოცანაში. ამიტომ ადენილის სისტემის ამინის ჯგუფის განსაზღვრამდე წარმოებდა გლუტამინის ამიდის ჯგუფის წინასწარი ჩამოშორება ფოსფატის თანდასწრებისას, pH 9,3, მდუღარე აბაზანაში, ერთი საათის განმავლობაში. ამონიაკი, წარმოქმნილი გლუტამინის დაშლის შედეგად, გამოიდევნებოდა ნარევიდან ვაკუუმში დესტილაციის საშუალებით.

გლუტამინის ამიდის ჯგუფის ჩამოშორების შემდეგ სარეაქციო ნარევი დაიყვანებოდა pH 5,9 და მას დეზამინაზის პრეპარატი ემატებოდა. ერთდროულად დაყენებული იყო საკონტროლო ცდები ადუღებული ფერმენტით. საკონტროლო ცდები იმ ამონიაკზე მიუთითებდა, რომელიც წარმოდგენილია ქსოვილში და კვალის სახით პრეპარატებში. განსხვავება კონტროლსა და ცდას შორის წარმოდგენას იძლეოდა იმ ამონიაკის რაოდენობის შესახებ, რომელიც

ამინის ჯგუფის სახით დაკავშირებულია ცდის დროს შექმნილ ადენილის სისტემაში. ამონიაკი ვაკუუმში ისაზღვრებოდა დესტილაციით, ცივ პირობებში, ტეტრაბორატის თანდასწრებით.

ჟანგბადის მოხმარების ინტენსივობა გლუტამატის ჟანგვითი დეზამინირების დროს იმავე სარეაქციო არეში ისაზღვრებოდა ჩვეულებრივი მანომეტრიული მეთოდით.

ქარვის მჟავას მონოამიდი სუქცინიმიდისაგან მზადდებოდა. ამ მიზნისათვის სუქცინამიდი ჰიდროლიზურად იშლებოდა ბარიუმის ჰიდრატის საშუალებით. ბარიუმის ჩამოშორების შემდეგ ქარვის მჟავას მონოამიდი ვერცხლის მარილის სახით გამოიყოფოდა.

მიღებული შედეგები და მათი განხილვა

პირველ ცდებში შესწავლილი იყო ინოზინტრიფოსფატის ამინირება გლუტამინის მჟავასა და გლუტამინის თანდასწრებისას. მიღებული იყო შემდეგი შედეგები (მონაცემები გამოსახულია ადენილის სისტემის ამინის აზოტის მგ $^0/_0$-ით).

ცხრილი 1

სუბსტრატი	მგ.% $N-NH_2$
გლუტამინის მჟავა	1,8
გლუტამინი	0,8

ირკვევა, რომ როგორც გლუტამინის მჟავას, ისე გლუტამინის თანდასწრებისას, სარეაქციო არეში იქმნება ისეთი ამინის ჯგუფი, რომელიც თავისუფლდება სპეციფიკური დეზამინაზის მოქმედებით. ამ ფაქტს ის განმარტება უნდა მიეცეს, რომ ადგილი აქვს ინოზინტრიფოსფატის ანდა ინოზინის მჟავას ამინირებას.

იმის დასამტკიცებლად, რომ ამინირების პროცესი მართლაც გლუტამინის მჟავასა და გლუტამინის მონაწილეობით წარმოებს, დაყენებული იყო საკონტროლო ცდები, სადაც ეს უკანასკნელი ორი ნივთიერება გამორიცხული იყო:

ცხრილი 2

სუბსტრატი	მგ. % $N-NH_2$		
	ცდების I სერია	ცდების II სერია	ცდების III სერია
გლუტამინის მჟავა	1,2	1,3	1,8
გლუტამინი	1,0	—	1,6
კონტროლი	0	0	0

როგორც ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან ირკვევა, გლუტამინის მჟავასა და გლუტამინის აცილებისას ინოზინტრიფოსფატის ამინირება ვერ ხერხდება. ყურადღებას იპყრობს ის ფაქტი, რომ გლუტამინის მჟავას თანდასწრებისას სინთეზი უფრო ინტენსიურად წარმოებს, ვიდრე მისი ამიდის თანდასწრების შემთხვევაში.

გამომდინარე იმ მოსაზრებიდან, რომ გლუტამინის მჟავას ამინის ჯგუფის გადატანა ინოზინტრიფოსფატზე დაკავშირებულია ჟანგვით დეზამინირებასთან, შემოწმებული იყო გლუტამინის მჟავას ჟანგვის შესაძლებლობა ჩვენი ცდის პირობებში. ქვემოთ მოყვანილია შედეგები, სადაც ჟანგვის ინტენსივობა გამოსახულია Q_{O_2}. შედარებული იყო რეაქციის ინტენსივობა ადენოზინტრიფოსფატის, ინოზინტრიფოსფატის, ინოზინის მჟავას და აგრეთვე კრეატინფოსფატის თანდასწრებით. ამავე დროს გარკვეული იყო განსხვავება, რომელიც გამოიწვევა ჰომოგენატის წინასწარი დიალიზით. შესწავლილი იყო აგრეთვე, როგორც გლუტამინის მჟავას, ისე გლუტამინის ჟანგვის ინტენსივობა.

ცხრილი 3

სუბსტრატი	არადიალიზირებული ჰომოგენატი		დიალიზირებული ჰომოგენატი	
	ადენოზინ-ტრიფოსფატი	ინოზინტრი-ფოსფატი	ადენოზინ-ტრიფოსფატი	ინოზინტრი-ფოსფატი
გლუტამინის მჟავა	5,4	2,6	4,2	1,5
გლუტამინი	—	2,1	—	—

ზემოთ მოყვანილი შედეგებიდან ის დასკვნა უნდა იყოს გამოყვანილი, რომ გლუტამინის მჟავას ჟანგვითი დეზამინირება იმ შემთხვევაშიაც წარმოებს, როდესაც სარეაქციო არეში ადენოზინტრიფოსფატი შეცვლილია ინოზინტრიფოსფატით. რომ ამ შემთხვევაში ჟანგვა მიმდინარეებს არა იმ ადენოზინტრიფოსფატით, რომელიც ქსოვილში დარჩა, არამედ იმით, რომელიც შეიქმნა ინოზინტრიფოსფატიდან, მტკიცდება ცდებით, სადაც ხმარებული იყო დიალიზირებული ჰომოგენატი. დიალიზი წარმოებდა ფოსფატის ბუფერის მიმართ სამი საათის განმავლობაში, რაც სრულიად საკმარისი იყო ქსოვილში არსებული ადენოზინტრიფოსფატის ჩამოშორებისათვის.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ჩვენ იძულებული ვიყავით ცდები დაგვეყენებინა სწორედ ინოზინტრიფოსფატით და არა ინოზინის მჟავათი, გამომდინარე იმ ფაქტიდან, რომ ინოზინის მჟავა ჟანგბადის მოხმარებას არ აძლიერებდა.

ცხრილი 4

სუბსტრატი	ადენოზინ-ტრიფოს-ფატი	კრეატინ-ფოსფატი	ინოზინტრი-ფოსფატი	ინოზინტრი ფოსფატი+ +კრეატინ-ფოსფატი
გლუტამინის მჟავა	4,6	0	—	—
„ „	—	—	4,0	2,6

ინოზინტრიფოსფატს კი ახასიათებს ჰომოგენატის მიერ ჟანგბადის მოხმარების მკაფიოდ გამოხატული სტიმულაციის უნარი.

შემდეგ შესწავლილ იქნა კრეატინფოსფატის გავლენა გლუტამინის მჟავას დაჟანგვის ინტენსივობაზე.

მიღებული შედეგებიდან ირკვევა, რომ მხოლოდ კრეატინფოსფატის დამატება არ იწვევს გლუტამინის მჟავას დაჟანგვის სტიმულირებას, მაგრამ ინოზინტრიფოსფატის ერთდროული თანდასწრებისას რეაქციის სიჩქარე მატულობს. ეს ალბათ იმიტომ ხდება, რომ იქმნება პირობები ადენოზინტრიფოსფატის სინთეზისათვის.

გლუტამინის დაჟანგვა გლუტამინის მჟავასთან შედარებით გაცილებით უფრო ნელა მიმდინარეობს ალბათ იმიტომ, რომ საჭირო ხდება მისი წინასწარი ჰიდროლიზი—ამიდის ჯგუფის ჩამოშორება. ეს გარემოება აკავებს ადენილის სისტემის რესინთეზს გლუტამინის თანდასწრებისას.

ინოზინტრიფოსფატის ამინირების ფაქტის აღმოჩენის შემდეგ შესაძლებელია დავეჭვდეთ გლუტამინის მჟავასა და გლუტამინის, როგორც ამინის ჯგუფის წყაროს, სპეციფიკურობაში, ჩვენ მიერ დაყენებული იყო სარეაქციო არეში გლუტამინის მჟავასა და მისი ამიდის შეცვლის ცდები ამონიუმის ციტრატით და ქარვის მჟავას მონოამიდით. ეს ნაერთები აღებული იყო ეკვიმოლარული რაოდენობით. ამ შემთხვევაში რეაქციაში მონაწილეობა უნდა მიეღო ამინის ჯგუფის მაგიერ ამონიუმის იონებს ანდა ამიდის ჯგუფს. გამოირკვა, რომ საკონტროლო და საცდელ სინჯარებს შორის განსხვავება, რომელიც უჩვენებდა ამინირების პროცესზე, არ მიიღება. ამგვარად, უნდა დავასკვნათ, რომ ჩვენი მონაცემები იმაზე მიუთითებს, რომ ინოზინტრიფოსფატის ამინირების პროცესზე არ მოიხმარება არც თავისუფალი ამონიუმის იონები და არც ამიდის ჯგუფები. ამინირების პროცესის მსვლელობა გლუტამინის შემთხვევაში ალბათ დაკავშირებულია მის ამინის და არა ამიდის ჯგუფთან.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საჭიროა სპეციალურად გამოირკვეს ინოზინის მჟავას უშუალო ამინირების შესაძლებლობა. ამ საკითხის გადაჭრა ინოზინის მჟავას შეტანით სარეაქციო არეში ინოზინტრიფოსფატის მაგივრად ვერ გადაიჭრება, რადგან ჟანგვითი დეზამინირებისათვის საჭიროა ენერგიით მდიდარი ფოსფორის ნაერთები, ხოლო ჟანგვითი დეზამინირების გარეშე ადენილის სისტემის რესინთეზი არ ხერხდება. დასაშვებია, რომ ჯერ წარმოებს ინოზინის მჟავას ფოსფორილირება და მხოლოდ შემდეგ ინოზინტრიფოსფატის ამინირება.

რეამინირების რეაქციის ინტიმური მექანიზმი გაურკვეველი რჩება კიდევ შემდეგი მიზეზის გამო. გასარკვევია, ხდება თუ არა ამინის ჯგუფის გადატანა მისი წინასწარი გამოყოფის გზით ჟანგვითი დეზამინირების შედეგად, თუ ის უშუალოდ გადაეცემა აქცეპტორს (ტრანსამინირება). შესაძლებელია ადგილი აქვს გლუტამინის მჟავას სხვაგვარ გარდაქმნასაც. უკანასკნელ დროს ტვინში აღმოჩენილია გამა-ამინოერბოს მჟავას დიდი რაოდენობა. ეს ნაერთი წარმოადგენს გლუტამინის მჟავას დეკარბოქსილირების პროდუქტს [5]. მისი დანიშ-

ნულება და გარდაქმნა ჯერჯერობით ცნობილი არ არის. შესაძლებელია, რომ ინოზინტრიფოსფატის ამინირებას წინ უსწრებდეს გლუტამინის მჟავას დეკარბოქსილირება. ამ მოსაზრების შემოწმების მიზნით ამჟამად ვაწარმოებთ მუშაობას.

სულ მცირე დროის წინ გამოქვეყნდა ვეილ-მალერბის მოკლე ცნობა იმის შესახებ, რომ ჩვენი ცდების მსგავს პირობებში მან დაამტკიცა ინოზინის მჟავას ამინირება [6]. მაგრამ ამ ფაქტის განმარტება განსხვავდება ჩვენი განმარტებისაგან. ჯერჯერობით შეუძლებელია ვეილ-მალერბის დასკვნაზე რაიმე აზრი გამოვთქვათ გამოქვეყნებული ცნობების სიმცირის გამო.

დასკვნა

1. თავის ტვინის ჰომოგენატში გლუტამინის მჟავას დეზამინირებას თან სდევს ინოზინტრიფოსფატის ამინირება;

2. კრეატინფოსფატის შეყვანა სარეაქციო არეში აძლიერებს გლუტამინის მჟავას დაჟანგვას, რაც თავის მხრით დაკავშირებულია ინოზინტრიფოსფატის ამინირებასთან (ენერგიით მდიდარ ფოსფორის კავშირების დონის დაჭერა);

3. გლუტამინის გამოყენებისას ამინის ჯგუფის წყაროდ ადენილის სისტემის რესინთეზი უფრო ნაკლები ინტენსივობით მიდის;

4. ცდებმა ამონიუმის ციტრატით და ქარვის მჟავას მონოამიდით უარყოფითი შედეგები მოგვცა. აქედან გამომდინარეობს, რომ ინოზინტრიფოსფატის რეამინირებისათვის მოიხმარება გლუტამინის მჟავას ამინის ჯგუფი და არა არაორგანული და არც ამიდის ჯგუფის აზოტი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.6.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. С. Шапот. О природе особой чувствительности головного мозга к кислородной недостаточности. Усп. совр. биол., 34, 1952, 244.
2. Д. Д. Фердман. О процессах образования и устранения аммиака в животном организме. Усп. биол. химии, 1950, I, 216.
3. В. В. Умбрайт, Р. Х. Буррис и Н. Ф. Штауфер. Манометрические методы изучения тканевого обмена. Москва, 1951.
4. Н. П. Мешкова, С. В. Северин. Практикум по биохимии животных. Москва, 1950.
5. E. Roberts and S. Frankel. Aminobutiric acid in brain: its formation from glutamic acid. J. biol. Chem., 1950, 187, 55.
6. H. Weil-Malherbe. The amination of inosinic acid in brain. Biochem J., 1953, 54, proc. VI.

გეოგრაფია

ლ. მარუაშვილი

წებელდასთან ნავარაუდევი მორენა და მასთან დაკავშირებული პრობლემები კავკასიის მეოთხეული ისტორიისა

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ალ. ჯავახიშვილმა 12.6.1953)

ა. რეინჰარდის მიერ აღწერილია „მორენული ნალექები“ სოფ. წებელდასთან (აფხაზეთის ასსრ, მდ. კოდორის აუზი) ზღვის დონიდან 350—400 მ სიმაღლეზე. რამდენადაც კავკასიის მეოთხეულის მკვლევრები აღნიშნულ „მორენაზე“ დაყრდნობით არაერთხელ ცდილან და კიდევაც ცდილობენ აგონ მნიშვნელოვანი პალეოგეოგრაფიული დებულებები, ამდენად მისი შესწავლა დიდ ინტერესს წარმოადგენს.

წებელდის „მორენას“ ა. რეინჰარდი ეხება თავის ორ ნაშრომში, რომლებიც 1925 და 1941 წლებში გამოქვეყნდა. პირველ ნაშრომში, აღნიშნავს რა სოფ. წებელდისა და სოფ. ხევის (ყოფ. ზახაროვკა) ტერიტორიაზე გრანიტების, პორფირიტებისა და სხვა ქანთა მსხვილი ლოდების არსებობას, იგი მათ თვლის კოდორის ხეობის ძველი ყინვარის მორენის ნაშთებად—იმ ყინვარისა, რომელიც, ა. რეინჰარდის შეხედულებით, მეოთხეულ პერიოდში ჩამოდიოდა კავკასიონის მთავარი ქედიდან და ზღვის დონიდან 350—450 მ სიმაღლეზე მდებარე ადგილებამდე აღწევდა [3].

მეორე ნაშრომში ა. რეინჰარდი რამდენადმე განსხვავებულ მოსაზრებას გამოთქვამს. მისი აზრით, მორენა ეკუთვნის არა მდ. კოდორის, არამედ მისი მარჯვენა შენაკადების—ამტყელისა და ჯამპალის ხეობის ძველ ყინვარს. ეს ყინვარი იწყებოდა ჩხალთის, ანუ აფხაზეთის ქედის სამხრეთ ფერდობებზე და, ა. რეინჰარდის წარმოდგენით, ჩამოდიოდა თითქმის კოდორამდე [4].

1952 წ. გაზაფხულზე სპეციალურად ჩავატარეთ მუშაობა წებელდის მიდამოებში ა. რეინჰარდის მიერ აღწერილი „მორენის“ შესასწავლად და მისი ნამდვილი ბუნების დასადგენად. წინამდებარე ნაშრომი აღნიშნული კვლევის შედეგს წარმოადგენს.

წებელდის რაიონის უახლოესი გეომორფოლოგიური ისტორიის გასაგებად და, კერძოდ, ა. რეინჰარდის დებულებათა შესამოწმებლად არსებითი მნიშვნელობა აქვს მდ. ამტყელ-ჯამპალის ქვემო წელის გამკვეთი კლდეკარის წარმოქმნის დადგენას. როგორც ცნობილია, მდ. ამტყელისა და მდ. ჯამპალის შეერთებით წარმოქმნილი მდინარე მდ. კოდორს ზღვის დონიდან 185 მ სიმაღლეზე შეერთვის. სანამ კოდორამდე მიაღწევდეს, ეს მდინარე 3 კმ მან-

ძილზე გაედინება საკმაოდ ვიწრო, ქარაფოვანგვერდებიან კლდეკარში, რომლის სიგანე 0,3 კმ, ხოლო სიღრმე 150—250 მ უდრის. კლდეკარის ზემო ბოლო იმ ხიდთან მდებარეობს, რომლითაც სოხუმ-აჯარის საავტომობილო გზატკეცილი გადადის. მდ. ამტყელ-ჯამპალზე. აღნიშნული კლდეკარი მორფოლოგიურად ტიპობრივ გამკვეთ ხეობას წარმოადგენს და კვეთს ანტიკლინური აღნაგობის მაღლობს, რომელიც მ. მ. აფიანჩას, ადაგუას, ფალისა და სხვათა შემაერთებელი, კოდორის მარჯვენა ნაპირის გასწვრივ გაჭიმული განედური სერის ნაწილს შეადგენს.

ცნობილია გამკვეთი ხეობის წარმოქნის ორგვარი ვარიანტი: ა) ეპიგენეტური და ბ) ანტეცედენტური. განსახილველი კლდეკარი ანტეცედენტურად არის წარმოქმნილი, რაც მტკიცდება ამ რაიონის გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური აღნაგობის რიგი თავისებურებებით (მათ შორის გადაკვეთილი სერის ანტიკლინური სტრუქტურით, მდინარეული ტერასების დიფერენციალური გადაადგილებულობით კლდეკარის ზონაში და მის ზემოთ მდებარე სინკლინურ მონაკვეთზე, და ა. შ.). გამკვეთი ხეობა ჩამოყალიბებულა აფიანჩა-ფალის ანტიკლინური ნაოჭის განვითარების პროცესში, რაც ნახტომებისებურად მიმდინარეობდა და აღბეჭდილია გამკვეთი ხეობის გვერდებზე არსებული 2—3 ტერასის სახით. რაიონის სხვა მორფოლოგიური თავისებურებიდან უნდა მოვიხსენიოთ ძველი ხეობის ნაშთები, რომლებიც გ. ჩ ხ ო ტ უ ა ს მიერ იქნა შენიშნული და რომლებიც მოწმობენ ხეობის განვითარების რთულ ისტორიას.

მდ. ამტყელ-ჯამპალის ქვემო წელის კლდეკარის ანტეცედენტური წარმოქმნის დადგენით შესაძლებელი ხდება ა. რეინჰარდის მიერ აღწერილი „მორენული მასალის“ თანადროული გავრცელების შემაპირობებელი ფაქტორების გარკვევა და თვით მასალის გენეზისის დაზუსტება, რასაც დასახელებული ავტორის მოსაზრებათა საწინააღმდეგო დასკვნებამდე მივყავართ.

ა. რეინჰარდის მიერ მორენულ მასალად აღიარებული ნალექები განსახილველ რაიონში საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული. ისინი გვხვდებანაირგვარ ტოპოგრაფიულ პირობებში—ფერდობებზე, პლატოსებურ ზედაპირებზე და სხვა ისეთ ადგილებში, სადაც მათი არსებობა არ შეიძლება დაუკავშირდეს რომელიმე თანადროული მდინარის მოქმედებას. ლოდები და რიყის ქვები მოფენილია ე. წ. ჩინის ტერასის ზედაპირზე, ე. ი. მდ. ამტყელ-ჯამპალის გამკვეთი ხეობის ყველაზე დაბალ ტერასულ საფეხურზე, რომელიც უშუალოდ კლდეკარის ქარაფოვანი გვერდების თავზე მდებარეობს. იგი გვხვდება აგრეთვე უფრო დასავლეთითაც, სოფ. ხევის (ყოფ. ზახაროვკა) ტერიტორიაზე და თვით სოფ. წებელდაშიც. მასალა შედგება სხვადასხვა სიდიდის დამრგვალებული ნატეხებისაგან—დაწყებული კენჭებით და გათავებული 1—1,5 მ დიამეტრის მქონე ლოდებით. ნატეხთა უმრავლესობას სავსებით დამრგვალებული ფორმა ახასიათებს და მხოლოდ ცალკეული მსხვილი ლოდები ამჟღავნებენ მდინარე წყლის მიერ დამუშავების საწყის სტადიებს. მრავალფეროვანია მასალის პეტროგრაფიული შედგენილობა (გრანიტები, დიაბაზები, პორფირიტები, ვულკანური ტუფები, ტუფოგენები, კრისტალური ფიქლები, კირქვები და სხვა). ნალექებს ქიმიური გამოფიტვის მკვეთრი ნიშნები აქვს. ლოდები დაფარულია გამოფი-

ტული ქერქით, რომლის სისქეც 1,5—2 სანტიმეტრს აღწევს და რომელიც თავისი მუქი, თითქმის შავი ფერით აძნელებს ლოდების პეტროგრაფიული რაობის გამოცნობას.

აღწერილი ნალექების გეოგრაფიული წარმოქმნის საკითხი ადვილად წყდება მდ. კოდორის აუზის გეოლოგიური აღნაგობის გათვალისწინების საფუძველზე. სწორია ა. რეინჰარდის გვიანდელ ნაშრომში გამოთქმული მოსაზრება, რომ მასალა მოტანილი უნდა იყოს მდ. ამტყელ-ჯამპალის აუზიდან. გრანიტის ნატეხები თავიანთი პეტროგრაფიული ხასიათით უკავშირდება არა მთავარი ქედის გრანიტებს, არამედ ე. წ. ცენტრალური აფხაზეთის ნეოინტრუზიას, რომელსაც უკავია განედური ზოლი მ. ჩუმკუზბადან აღმოსავლეთისაკენ, მ. გორაბამდე. „მორენაში" წარმოდგენილია ამ მსხვილმარცვლოვანი გრანიტის ორივე (რუხი და მოვარდისფრო) ნაირსახეობა.

წარმოადგენს თუ არა განსახილველი მასალა ყინვარულ ნალექს? ამ კითხვაზე ამჟამად შეიძლება დარწმუნებით გავცეთ უარყოფითი პასუხი. ნალექთა ყინვარულ წარმოქმნას ეწინააღმდეგება რიგი ფაქტები: ა) შემადგენელი ნატეხების უმრავლესობას სრულყოფილი დამრგვალებული ფორმა აქვს; მცირერიცხოვანი დაუმრგვალებელი ლოდები არ შეიძლება მორენული ვარიანტის დამადასტურებელ საბუთად ჩაითვალოს, რამდენადაც ყოველგვარ ალუვიონში გვხვდება სხვადასხვა ხარისხის დამრგვალებულობის მქონე ნატეხები; ბ) მასალის განსაზღვრულ დახარისხებას განსახილველ ნალექებში უდავოდ აქვს ადგილი (არ მოიპოვება 1,5 მეტრზე მეტი სიდიდის ლოდები); გ) არ მოიპოვება მორენულ დანაგროვთათვის ტიპობრივი მიკრორელიეფური ფორმები და ნალექი მასალა თანაბარი ფენის სახით არის განაწილებული ტერასებისა და ფერდობების ზედაპირზე; დ) არ ყოფილა შენიშნული დაკაწრული ლოდები და ყინულის მექანიკური მოქმედების სხვა ნიშნები.

განსახილველი ნალექების მდინარეული წარმოქმნა დასტურდება მდ. ამტყელ-ჯამპალის თანადროული რიყის ალუვიონთან მათი შედარებითაც. ნატეხების სიმსხოთი, მათი დამრგვალებულობის ხარისხით, პეტროგრაფიული შედგენილობითა თუ სხვა ნიშნებით ა. რეინჰარდის მიერ მორენად აღიარებული მასალა არ განსხვავდება ხეობის ფსკერზე განვითარებული ნალექებისაგან. ერთადერთი განმასხვავებელი გარემოება—„მორენის" შემადგენელი ლოდების შემოსილობა გამოფიტული ქერქით—მათი სიძველით აიხსნება.

ძველი ალუვიონის არსებობა მთის ფერდობებზე და მაღალ პლატოსებურ ზედაპირზე, თანადროულ მდინარეთა ხეობებს გარეშე, გამოწვეულია უახლესი ტექტონიკური პროცესებით, რომლებსაც განსახილველ რაიონში დიფერენციალური ვერტიკალური გადაადგილებების ხასიათი ქონდა. კერძოდ, ე. წ. ჩინის ტერასა, რომელშიც ჩაჭრილია მდ. ამტყელ-ჯამპალის ქვემო წელის კლდეკარი, წარმოადგენს ამავე მდინარის ხეობის ყოფილ ფსკერს, აწეულს აფიანჩა-ფალის ანტიკლინური სერის განვითარების პროცესში. სოფ. წებელდის ტერიტორიაზე არსებული ლოდოვანი მასალა მოტანილია ძველი მდინარის მიერ, რომელიც გაედინებოდა ამჟამად უწყლო ხეობაში სოფ. აზანთას მიდამოებიდან წებელდისაკენ, და რომელმაც შეწყვიტა არსებობა კარს-

ტული დრენაჟის განვითარების გამო, რაც აგრეთვე ტექტონიკური მოძრაობებით იყო გამოწვეული.

უარყოფითადვე წყდება ა. რეინჰარდის მიერ აღწერილი ლოდოვანი თიხის ყინვარულობის საკითხი. ამგვარ წარმონაქმებს, რომლებიც ჩვენ დავათვალიერეთ გზატკეცილის გასწვრივ, მდ. ამტყელ-ჯამპალის ხიდის მახლობლად, საერთო არაფერი აქვს მორენასთან, ვინაიდან: ა) თიხაში ჩართული ლოდები, ქვები და კენჭები სავსებით დამრგვალებულია, ბ) თვით თიხას თანაბარი, მძიმე მექანიკური შედგენილობა ახასიათებს, რაც მიგვითითებს მის არა ყინვარულ, არამედ ტბიურ წარმოქმნაზე და გ) განსახილველი წარმონაქმნი გვხვდება გარკვეულ ტოპოგრაფიულ პირობებში, სახელდობრ იმ ფერდობის ქვემო ნაწილში, რომელიც ეშვება ჩინის ტერასიდან გამკვეთი ხეობის ჩრდილო შესასვლელისაკენ; თვით დასახელებულ ტერასაზე და გამკვეთი ხეობის სამხრეთ მხარეზე ლოდოვანი თიხა არ შეინიშნება. ჩვენი აზრით, ეს ნალექი გაჩენილია იმ ტბაში, რომელიც ტექტონიკური შეგუბების გამო არსებობდა აფიანჩა-ფალის ანტიკლინური სერის ჩრდილო მხარეზე. თიხაში ჩართული დამრგვალებული ქვები ჩამოტანილი უნდა იყოს წვიმის წყლის მიერ, ძველი ალუვიონის გადარეცხვის გზით.

ამრიგად, წებელდის მიდამოებში არ გვეგულება ისეთი წარმონაქმნები, რომლების აღიარებაც შეიძლებოდეს მორენად, ყინვარულ ნალექად, ამიტომ ა. რეინჰარდის შეხედულებანი ამ საკითხზე მართებულად არ მიგვაჩნია.

წებელდის „მორენის“ გაუქმება საშუალებას იძლევა გადასინჯულ იქნეს ზოგადი ხასიათის მქონე ზოგიერთი პრობლემა, რომელიც კავკასიის მეოთხეულ წარსულს ეხება. შევჩერდებით ძირითადად ორ ასეთ პრობლემაზე, სახელდობრ ყინვარული და ზღვიური ნალექების სინქრონიზაციაზე და ძველი გაყინვარების სიმძლავრის გამორკვევაზე.

წებელდის „მორენის“ უარყოფა ფანტავს ზოგიერთი მკვლევრის იმედებს კავკასიონის გაყინვარებისა და შავი ზღვის აუზის დონის ცვლილებების ურთიერთდაკავშირებაზე ამ რაიონში [იხ., მაგ., 1,8].

მდ. კოდორის აუზში ძველი გაყინვარების ნამდვილი კვლები ზღვის ნაპირიდან რამდენიმე ათეული კილომეტრითაა დაშორებული და ამიტომ მათი შეპირისპირება ზღვიურ ნალექებთან დიდ სიძნელეს წარმოადგენს. საჭიროა აღინიშნოს, რომ წებელდის „მორენის“ ჭეშმარიტი არსებობის შემთხვევაშიც კი მისი დაკავშირება ზღვიურ ტერასებთან არ იქნებოდა ისე ადვილი, როგორც ეს წარმოდგენილი აქვს ზოგიერთ მკვლევარს. კოდორის ქვემო წელში, ს. ს. ნაასა და კეხის მიდამოებში ზღვისპირა ზოლის აკუმულაციური ტერასები უცებ წყდება და აღარ ვრცელდება კავკასიონის სამხრეთი კალთების მთიან ზოლში. მათ ადგილს აქ იკავებენ დიდ სიმაღლეებზე მდებარე ეროზიული სიბრტყეები; ტერასების შეფარდებითი სიმაღლეების თანდათანობით ზრდას ზღვის სანაპიროდან მთებისაკენ, როგორც ეს წარმოდგენილი აქვს, მაგალითად, ე. შ ა ნ ც ე რ ს [8], სინამდვილეში აქ ადგილი არა აქვს. ამიტომაც სხვადასხვა ტექტონიკურ ზონებში მოქცეული ტერასების ურთიერთშეპირისპირება საკმაოდ ძნელია.

წებელდის „მორენის“ ნამდვილი რაობის გამოვლინებით კავკასიის მეოთხეულის მკვლევართათვის ცხადი უნდა გახდეს მცდარობა ერთ-ერთი დებულებისა, რომელიც საფუძვლად უდევს ხოლმე პალეოგეოგრაფიულ დასკვნებს. წებელდის მიდამოებში, ზღვის დონიდან 300—400 მ სიმაღლეზე ყინვარული დანაგროვების არსებობა ეწინააღმდეგებოდა ფაქტების კრთობლიობას. ამიტომ ამ არსებობის უარყოფის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება გადაისინჯოს შეხედულება აფხაზეთისა და მთლიანად კავკასიის ძველი გაყინვარების სიმძლავრეზე.

კოდორის აუზის პალეოგლაციალური ნიშნები არ ეთანხმება ა. რეინჰარდის მოსაზრებას წებელდასთან მორენის არსებობის შესახებ. იმ დროს, როდესაც წებელდასთან ძველი ყინვარის ბოლოს მდებარეობის აღიარებას მივყავართ წარმოდგენასთან ფრიად მძლავრ ძველ გაყინვარებაზე, კოდორის აუზის გეომორფოლოგიური და ზოგიერთი სხვა თავისებურება მიგვითითებს მისი ძველი ყინულსაზურველის გაცილებით ნაკლებ სიდიდეზე.

იმისათვის, რომ ყინული მდ. ამტყელისა და მდ. ჯამპალის სათავეებიდან ზემოაღწერილი ფსევდომორენული წარმონაქმების ადგილამდე ჩამოვიდეს, საჭიროა მუდმივი თოვლის საზღვრის დაწევა სულ ცოტა 1400 მეტრით მაინც (გამოანგარიშებულია ჰეფერისა და ბრიკნერის მეთოდების საფუძველზე). თუ თანადროული თოვლის ხაზი აფხაზეთის ამ ნაწილში ზღვის დონიდან 2660—2710 სიმაღლეზეა [5], წებელდასთან ყინვარის ბოლოს მდებარეობის შემთხვევაში იგი უნდა ყოფილიყო 1300—1400 მ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან. რაიონის სხვა პალეოგლაციური წარმონაქმები არ ადასტურებს მუდმივი თოვლის საზღვრის დეპრესიის ამგვარ სიდიდეს,—რელიეფის ყინვარული ფორმები (ცირკები, ტროგები, „ვერძის შუბლები“) და მორენული დანაგროვები გვიჩვენებს თოვლის ხაზის დაწევას წარსულში მხოლოდ 500—700 მეტრით, ე. ი. ზღვის დონიდან 2000—2200 მ სიმაღლეზე. ასეთ დასკვნამდე მივდივართ, მაგალითად, ჩხალთის ქედზე და მდ. ჩხალთის ხეობაში შენახული ყინვარული ნამოქმედარის შესწავლის საფუძველზე. სანამ წებელდის ფსევდოგლაციალური წარმონაქმების ჭეშმარიტი რაობა გაირკვეოდა, ამ წინააღმდეგობას იმგვარად ხსნიდნენ ხოლმე, რომ წებელდის „მორენა“ მიეკუთვნება არა უკანასკნელ, არამედ უფრო ძველ („რისულ“ და „მინდელურ“) გაყინვარებას, რომლის შესატყვისი მორფოლოგიური კვალი უკვე წაშლილია დენუდაციური პროცესების მიერ. ამჟამად ამ მოსაზრებას უკვე ყოველგვარი საფუძველი აქვს გამოცლილი.

ზემომოყვანილი ცნობები მდ. კოდორის აუზში მუდმივი თოვლის მეოთხეული საზღვრის დეპრესიის შესახებ ეთანხმება კავკასიონის სხვა რაიონებში შენიშნულ ფაქტებს.

ცნობილია, რომ კავკასიის ყელის მეოთხეულ ისტორიაზე არსებულ შეხედულებებს შორის ბევრია დაუსაბუთებელი, დასავლეთევროპული სქემებით ნაკარნახევი დებულებანი. მათ რიცხვს უნდა მიეკუთვნოს, სხვათა შორის, წარმოდგენა კავკასიონის ფრიად მძლავრ მეოთხეულ გაყინვარებაზე, რომლის დროსაც თოვლის ხაზი 1000 მეტრზე მეტით იყო დღევანდელთან შედა-

რებით დაწეული. ამ წარმოდგენას საფუძვლად უდევს ალპების კვლევის შედეგად მიღებული დასკვნები, რომლებიც მრავალი მკვლევრისათვის სახელმძღვანელო დებულებებს წარმოადგენს.

მეთოდიკა, რომელსაც იყენებენ კავკასიის მკვლევრები თოვლის საზღვრის ამგვარი მკვეთრი დაწევის დასასაბუთებლად, მეტწილად არ შეიძლება დამაკმაყოფილებლად ჩაითვალოს. ძირითად ნივთიერ საბუთად ამგვარ შემთხვევებში ჩვეულებრივად გვევლინება ხოლმე ნალექები, რომელთაც ყინვარულ წარმოქმნას მიაწერენ (რიყექანები, ბრეკჩიები, ლოდოვანი კონგლომერატები და თიხები და ა. შ.). სწორედ ამ გზით არის განსაზღვრული ძველი ყინვარების გავრცელება კავკასიონის რიგ რაიონებში—მდ. მდ. ტებერდას, ყუბანის, ბაქსანის, ჩერექის, თერგის, კუსარ-ჩაის, მზიმთას, კოდორის, ენგურის, რიონისა და სხვათა ხეობაში. უნდა ითქვას, რომ ეს მეთოდი დამოუკიდებლად (სხვა მეთოდებთან შეურწყმელად) ხმარებისას არ არის საკმაოდ საიმედო და ხშირად მის ამგვარ გამოყენებას მცდარ დასკვნებამდე მივყავართ. ყინვარულ ნალექებად ხშირად თვლიან ისეთ წარმონაქმნებს, რომელთაც სინამდვილეში უშუალო კავშირი არ აქვთ ყინვარების მოქმედებასთან—ალუვიონს, დელუვიონს, ვულკანოგენურ ნგრეულ ქანებს და ა. შ. კავკასიის შესახებ არსებული პალეოგლაციოლოგიური ლიტერატურის გადათვალიერება, კავკასიონის ზოგიერთ ხეობში ჩვენ მიერ ჩატარებულ დაკვირვებებთან ერთად, გვიჩვენებს, რომ აღნიშნული მთიანეთის და საერთოდ კავკასიის ყელის ფარგლებში არსად დადგენილი არ არის ძველი ყინვარების მოქმედების ისეთი უეჭვო ნიშნები, რომლებითაც დასაბუთდებოდა თოვლის ხაზის დაწევა მეოთხეულ პერიოდში 700—800 მეტრზე მეტი ვერტიკალური ამპლიტუდით. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ მდ. მდ. ტებერდას, თერგის, ასსას, ხევსურეთის არაგვისა და სხვათა ხეობები, სადაც ძველი გაყინვარების აშკარა კვალი გვიჩვენებს თოვლის საზღვრის 600—800-მეტრიან დეპრესიას, ხოლო დეპრესიის მეტი სიდიდის დასადგენად საიმედო ფაქტები არ მოიპოვება. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ანალოგიურ დასკვნას მდ. ბაქსანის ხეობის შესწავლის საფუძველზე მიადგა უკვე ლ. დისტელი, რომელიც 600—700 მეტრით განსაზღვრავს აღნიშნულ რაიონში ძველი თოვლის საზღვრის დეპრესიის სიდიდეს (იხ. ა. რეინჰარდი [6], გვ. 85—86).

დასკვნა

ა. რეინჰარდის მიერ სოფ. წებელდის მიდამოებში აღწერილი „მორენა“ სინამდვილეში წარმოადგენს მდ. ამტყელ-ჯამპალისა და მეზობელი მდინარეების ძველ ალუვიონს. ამ დებულების საფუძველზე და სხვა ფაქტობრივი მასალების მიხედვით მიზანშეწონილია გადასინჯულ იქნეს ის შეხედულებანი, რომლებიც დღემდე არსებობს კავკასიონის ძველი გაყინვარების სიმძლავრის საკითხის შესახებ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 29.6.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. И. Громов. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР (млекопитающие, палеолит). Труды Института геологич. наук АН СССР. вып. 64, геологич. серия, № 17, 1948.
2. А. Н. Джавахишвили. Геоморфологические районы Грузинской ССР, Изд. АН СССР, М.–Л., 1947.
3. А. Л. Рейнгард. Гляциально-морфологические наблюдения в долинах Кубани и Кодора летом 1924 года. Известия Географического общества, т. 57, 1925.
4. А. Л. Рейнгард. Несколько слов о древней морене у Цебельды на Кавказе. Труды Советской секции Международной Ассоциации по изучению четвертичного периода, в. 5, 1941.
5. А. Л. Рейнгард. Снеговая граница в Западном Кавказе между Эльбрусом и Марухом. Известия Кавказского отдела имп. Русского Географич. общества, т. 24, № 3, 1916.
6. А. Л. Рейнгард. Рецензия на статью Л. Дистеля. Известия Кавказск. отдела имп. Русского Географического общества, т. 23, № 1, 1915.
7. Г. К. Тушинский. Современное и древнее оледенение Тебердинского района. В сборнике „Побежденные вершины", 1949.
8. Е. В. Шанцер. Новое о террасах Черноморского побережья Кавказа. Труды сов. секции Международн. Ассоциации по изучению четвертичного периода, в. 4. 1939.

ენერგეტიკა

პ. შენგელია

ჰიდროელსადგურების სიმძლავრისა და გამომუშავების განტოლება

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ზავრიევმა 19.8.1953)

ჰიდროელსადგურების დაპროექტებისა და ექსპლოატაციის ზოგიერთი საკითხის გამოკვლევა როდესაც საჭიროა ჰიდროელსადგურების მუშაობის სხვადასხვა პირობებში სიმძლავრისა და განსაკუთრებით ენერგიის გამომუშავების გამოთვლა, დაკავშირებულია დიდი შრომატევადი საანგარიშო სამუშაოების შესრულებასთან. მეორე მხრივ, რიგი საკითხების ანალიზის დროს საჭიროა გვქონდეს მათემატიკური დამოკიდებულება ჰიდროელსადგურის სიმძლავრესა ან გამომუშავებასა და მის ცვალებად პარამეტრებს (Q, H, η და სხვა) შორის, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა, ერთი მხრივ, საგრძნობლად შეგვემცირებინა გამოთვლის ოპერაციები, ხოლო, მეორე მხრივ, ანალიზური გზით გადაგვეწყვიტა ზოგიერთი ამოცანა.

ცნობილია რიგი მკვლევრების ცდა აღნიშნულ გამოსახულებათა შესაქმნელად [1, 2 და სხვ.], მაგრამ არსებული ფორმულებიდან ყველაზე უფრო ზოგადი სახის მქონედ მ. მ ო ს ტ კ ო ვ ი ს ფორმულა უნდა ჩაითვალოს [3, 4]. ამ ფორმულას, რომელსაც ავტორი „ჰიდროელსადგურის განტოლებას" უწოდებს, შემდეგი სახე აქვს:

$$N = N_* + aH + bQ + cQH, \tag{1}$$

სადაც a, b და c მუდმივი კოეფიციენტებია, ხოლო N_* სიმძლავრის მუდმივი მდგენელია, Q—ხარჯი და H—დაწნევა განსახილველი ჰიდროელსადგურისა.

ამ განტოლების მუდმივი კოეფიციენტების გამოსათვლელად საჭიროა ცვალებადი პარამეტრების N, H და Q უშუალო გამოთვლებით სულ ცოტა ოთხი ისეთი მნიშვნელობის დადგენა, რომლებიც მოსალოდნელი რეჟიმის ცვალებადობის ფარგლებშია.

იმის შემდეგ, როდესაც დადგენილი იქნება N, H და Q მნიშვნელობები, გამოითვლება მუდმივი კოეფიციენტები. ვინაიდან განტოლება (1) ძალაშია მხოლოდ იმ ინტერვალის ფარგლებში, რომლისთვისაც დადგენილი იყო მუდმივი კოეფიციენტები, პარამეტრების ცვალებადობის დიდი დიაპაზონის დროს საჭიროა ეს კოეფიციენტები დადგენილ იქნეს რამდენიმე ინტერვალისათვის, რომელთა რიცხვი იმაზეა დამოკიდებული, თუ რა სიზუსტე მოეთხოვება ჩასატარებელ გაანგარიშებას.

1942 წელს შრომაში, რომელიც შეეხებოდა ერთ-ერთი ჰიდროელსადგურის რეგულირების საკითხს [6], ისეთი ჰიდროელსადგურისათვის, რომელსაც საწ-

ნეო დევირაცია და ქვედა ბიეფში წყალსაშვი ან გრძელი წამყვანი არხი აქვს, ჩვენ მივიღეთ შემდეგი განტოლება:

$$N = kQ(H - \alpha_1 Q^2 - \alpha_2 Q^n), \tag{2}$$

რომელიც შემდეგი სახითაც შეიძლება წარმოვიდგინოთ:

$$N = N_0 + AQ^3 + BQ^{n+1}, \tag{3}$$

სადაც

$$N_0 = kQH, \; A = -k\alpha_1 \quad, \; B = -k\alpha_2$$

აქ $k = 9{,}8\,\eta$, სადაც η აგრეგატის მარგქმედების კოეფიციენტია (ტურბინა, გენერატორი),

Q—ჰიდროელსადგურის ხარჯი,

H—მაქსიმალური დაწნევა ბრუტო, რომელიც წარმოადგენს ჰიდროელსადგურის ზედა და ქვედა ბიეფების ნიშნულების სხვაობას, ამასთან ზედა ბიეფის ნიშნული უნდა შეესაბამებოდეს განსახილველ მომენტს, ხოლო ქვედა ბიეფისა—შესაძლო მინიმალურ დონეს.

α_1, α_2 და n მუდმივი კოეფიციენტებია, რომელთა სიდიდე ნაგებობათათვის მიღებული ზომებისა და კონსტრუქციული გაფორმებისათვის მოცემულად ითვლება.

სიდიდე $\alpha_1 Q^2$ განტოლებაში (2) გამოსახავს დაწნევის დანაკარგებს დერივაციასა და საწნეო მილსადენში. კოეფიციენტი α_1-ის მნიშვნელობა მრგვალი კვეთის მქონე საწნეო გვირაბისათვის შემდეგი გამოსახულებიდან [5] განისაზღვრება:

$$\alpha_1 = \alpha_{გვ} + \alpha_{მილ}, \tag{4}$$

სადაც

$$\alpha_{გვ} = \frac{11{,}3\, n'^2_{გვ} L_{გვ}}{D^{5,4}_{გვ}} + 0{,}083\, \frac{\Sigma\xi_{გვ}}{D^4_{გვ}} \tag{5}$$

და

$$\alpha_{მილ} = \frac{1}{m^2}\left[\frac{11{,}3\, n'^2_{მილ} L_{მილ}}{D_{მილ}} + 0{,}083\, \frac{\Sigma\xi_{მილ}}{D^4_{მილ}}\right]. \tag{6}$$

აქ n', ξ, L და D, სათანადოდ, ხორკლიანობისა და ადგილობრივ წინაღობათა კოეფიციენტებია, სადაწნეო გვირაბისა და მილსადენის სიგრძე და დიამეტრია.

$m_{მილ}$ ერთდროულად მომუშავე მილსადენების რიცხვია.

სიდიდე—$\alpha_2 Q^2$ იმავე (2) განტოლებაში გამოსახავს ქვედა ბიეფის ცვალებადობის გავლენას ჰიდროელსადგურის დაწნევაზე. თუ ჰიდროელსადგურის თანაბარი რეჟიმით მომუშავე გამყვან არხს ტრაპეციული კვეთი აქვს,

$$n = 0{,}4$$

და

$$\alpha_2 = \left[\frac{\beta + 2m'}{(\beta + m)^2 C\sqrt{J}}\right]^{\frac{2}{5}}, \tag{7}$$

სადაც β არხის ფუძის სიგანისა და წყლის სიღრმის ფარდობაა, C შეზის კოეფიციენტია, J—ქანობი, m ფერდობის კოეფიციენტია და $m'=\sqrt{1+m}$.

როდესაც ჰიდროელსადგურს ქვედა ბიეფში წყალსაშვი აქვს,

$$n=\frac{2}{3} \tag{8}$$

და

$$\alpha_2=\frac{1}{M_0},$$

სადაც M_0 მუდმივი კოეფიციენტია, რომელიც დამოკიდებულია წყალსაშვის კონსტრუქციულ ფორმებსა და მისი მუშაობის პირობებზე.

კერძოდ მართკუთხა წყალსაშვისათვის, გვერდითი შევიწროებისა და მოდინების სიჩქარის მხედველობაში მიუღებლად,

$$M_0=(mb\sqrt{2g})^{\frac{2}{3}}, \tag{9}$$

სადაც m წყალსაშვის ხარჯის კოეფიციენტია და
b—წყალსაშვის სიგანე.

თუ ქვედა ბიეფის დონე მუდმივია ან მისი ცვალებადობა ჰიდროელსადგურის დაწნევასთან შედარებით მცირეა, ეს წევრი შეიძლება ნულის ტოლად მივიჩნიოთ და (3) განტოლება შემდეგ ორწევრა გამოსახულებას მიიღებს:

$$N=N_0+AQ^3. \tag{10}$$

ანალოგიურად (2)-ის ნაცვლად მივიღებთ

$$N=kQ(H-\alpha_1 Q^2). \tag{10'}$$

ენერგიის გამომუშავებისათვის რომელიმე T პერიოდის განმავლობაში (3) განტოლებიდან გვექნება

$$Э=\int^{T}(N_0+AQ^3+BQ^{n+1})\,dt. \tag{11}$$

ქვედა ბიეფის მუდმივი დონის შემთხვევისათვის (10) ფორმულიდან მივიღებთ

$$Э=\int^{T}(N_0+AQ^3)\,dt. \tag{12}$$

მიღებული განტოლებები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ზოგიერთი სხვა ტიპის ჰიდროელსადგურებისათვისაც, თუ მათში შეტანილი იქნება სათანადო შესწორებანი.

კერძოდ კაშხალთან მდებარე ჰიდროელსადგურებისათვის (4) ფორმულაში უნდა ჩაისვას $\alpha_{დერ}=0$. თუ ამავე დროს ტურბინებში გადამუშავებული წყალი უშუალოდ ან მოკლე გამყვანი არხის საშუალებით ვარდება მდინარეში, (2) და (3) განტოლების მესამე წევრში $Q_{ჰეს}$ ნაცვლად უნდა ჩაიწეროს—$Q_{მდ}$ და სათანადო α_2 მნიშვნელობანი.

უწნეო დერივაციის მქონე ჰიდროელსადგურისათვისაც ყველა განტოლება რჩება ძალაში, თუ მხედველობაში იქნება მიღებული ეს შენიშვნები.

როგორც ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, (2), (3), (10), (10′), (11) და (12) ფორმულებით სარგებლობის დროს საჭირო არ არის უშუალო გაანგარიშებებით მუდმივი კოეფიციენტების α_1, α_2 და n გამოთვლა; რაც შეეხება η კოეფიციენტს, საჭირო ხდება მისი საშუალო მნიშვნელობის აღება. ამიტომ, გარდა ზოგიერთი გამონაკლისი შემთხვევისა, ენერგიის მთლიანი გამომუშავების მისაღებად საჭიროა შეჯამება ცალკეული ინტერვალებისათვის მიღებული შედეგებისა, რომლის განმავლობაში η მნიშვნელობა შეიძლება მუდმივად იქნეს მიჩნეული. ამ ინტერვალების რიცხვი დამოკიდებული იქნება იმაზე, თუ რა სიზუსტეა საჭირო შესასრულებელი ანგარიშისათვის.

მაგალითისათვის ქვემოთ მოგვყავს რამდენიმე ამოცანის გადაწყვეტა (10′) და (12) ფორმულების გამოყენებით.

1. შერეული ტიპის ჰიდროელსადგურისათვის, რომლის ნაგებობები მოცემული α_1-ის სიდიდით ხასიათდება, საჭიროა დადგენილ იქნეს წყლის ხარჯის ის სიდიდე, რომლის დროსაც სადგურს შეუძლია მაქსიმალური სიმძლავრის განვითარება. სადგურის დაწნევის სიდიდის გამო შეიძლება ქვედა ბიეფის ცვალებადობა არ იქნეს მხედველობაში მიღებული. კოეფიციენტი η შეიძლება მუდმივად მივიჩნიოთ.

ვისარგებლოთ (10′) განტოლებით, რომელიც შემდეგნაირად დავწეროთ:

$$N = kQH_0 - k\alpha_1 Q^3, \tag{13}$$

სადაც H_0 ბრუტო დაწნევაა ავსებული წყალსაცავის დროს (მუდმივი სიდიდეა). თუ ავიღებთ N-ის პირველ წარმოებულს Q-თი და მას ნულს გავუტოლებთ, მივიღებთ

$$\frac{dN}{dQ} = kH_0 - 3\,k\alpha_1 Q^2 = 0,$$

საიდანაც გვექნება

$$Q = \left(\frac{H_0}{3\,\alpha_1}\right)^{0{,}5}. \tag{14}$$

წყლის ხარჯის გადიდება (14) გამოსახულების მნიშვნელობის ზევით გამოიწვევს ჰიდროელსადგურის სიმძლავრის არა გადიდებას, არამედ შემცირებას, ნაგებობებში დაწნევის დანაკარგების მკვეთრად გადიდების გამო.

თუ ხარჯის ამ მნიშვნელობას (13) განტოლებაში ჩავსვამთ, მივიღებთ

$$N_{\max} = 3{,}77\,\eta \left(\frac{H}{\alpha_1}\right)^{0{,}5}. \tag{15}$$

მაშასადამე, როდესაც ცნობილია ნაგებობათა კონსტრუქციები და ზომები, (15) გამოსახულებით გამოანგარიშებული სიმძლავრე იქნება ამ სადგურისათვის შესაძლო მაქსიმალური სიმძლავრე.

2. ამავე ჰიდროელსადგურისათვის გამოვიანგარიშოთ ენერგიის ის მარაგი, რომელიც წყალსაცავის დონის H_2 და H_1 შორის მოთავსებულ მარგ

მოცულობას შეესაბამება. წყალსაცავიდან წყალი თანაბარი Q_v ხარჯით გამოიშვება. მდინარის ბუნებრივი ხარჯი ტრანზიტად გაივლის წყალსაცავში. ქვედა ბიეფის დონის ცვალებადობის მხედველობაში მიღება საჭირო არ არის. წყალსაცავის მოცულობასა და კაშხალს შორის დამოკიდებულება შემდეგი განტოლებითაა მოცემული:

$$V = aH^c. \tag{16}$$

თუ (12) განტოლებით ვისარგებლებთ, ენერგიის გამომუშავების გამოსახულება შემდეგი სახით დაიწერება:

$$Э_v = \int_{T_1}^{T_2} [kQ_v(H + H_{ეკრ}) - k\alpha_1 Q_v^3]\, dt. \tag{17}$$

როდესაც

$$Q_v = \mathrm{const}$$

და

$$\eta = \mathrm{const},$$

(17)-დან გვექნება

$$Э_v = kQ_v \int_{T_1}^{T_2} Hdt + kQ_v H_{ეკრ} \int_{T_1}^{T_2} dt - k\alpha_1 Q_v^3 \int_{T_1}^{T_2} dt. \tag{17'}$$

წყალსაცავის მოცულობასა და ხარჯს შორის გვაქვს შემდეგი დამოკიდებულება დროის მიხედვით:

$$V_t = Q_v t.$$

როდესაც ხარჯი Q_v მუდმივია, შეგვიძლია დავწეროთ

$$dv = Q_v dt. \tag{18}$$

მეორე მხრივ, (16) განტოლებიდან გვაქვს

$$dv = acH^{c-1}dh. \tag{19}$$

მაშასადამე, (18)-დან და (19)-დან შეგვიძლია მივიღოთ

$$dt = \frac{dv}{Q_v} = \frac{ac}{Q_v} H^{c-1}dh. \tag{20}$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ (20) განტოლებას, შეგვიძლია (17′) განტოლება შემდეგნაირად გადავწეროთ:

$$Э_v = ack \int_{H_1}^{H_2} H^c\, dh + ack\, H_{ეკრ} \int_{H_1}^{H_2} H^{c-1}dh - ack\alpha_1 Q_v^2 \int_{H_1}^{H_2} H^{c-1}dh. \tag{21}$$

ამ განტოლების გადაწყვეტა გვაძლევს

$$Э_v = ak\left[\frac{c}{c+1}(H_2^{c+1} - H_1^{c+1}) + (H_{ეკრ} - \alpha_1 Q_v^2)(H_2^c - H_1^c)\right]. \tag{22}$$

ეს განტოლება საშუალებას იძლევა ვიპოვოთ ენერგიის ის მარაგი, რომელიც შეესაბამება წყალსაცავის იმ მოცულობას, რომელიც მოთავსებულია

H_2-სა და H_1-ს შორის—Q_v ხარჯის მიხედვით. ხარჯის Q_v სიდიდის ცვლილება, იწვევს რა დაწნევის დანაკარგების ცვლილებას, გავლენას ახდენს $Э_v$ სიდიდეზეც. მეორე მხრივ, Q_v-ს სიდიდეზეა დამოკიდებული წყალსაცავის დაცლის ხანგრძლივობაც.

3. შერეული ტიპის ჰიდროელსადგურის წყალსაცავს ზევით T პერიოდის განმავლობაში მდინარის მთელი ხარჯი გამოიყენება მორწყვისათვის. რა სიღრმემდე H_x უნდა იქნეს დაცლილი H_0-მდე სავსე წყალსაცავი იმისათვის, რომ უზრუნველვყოთ მორწყვის პერიოდში ჰიდროელსადგურის ენერგიის გამომუშავება $Э_v$ რაოდენობით, თუ მოცულობასა და სიმაღლეს შორის დამოკიდებულება დონის ცვალებადობის ფარგლებში მოცემულია. შემდეგი განტოლებით $V = aH$ და წყლის გამოშვება თანაბარი ხარჯით ხდება, რომლის Q_v სიდიდეც მოცემულია?

ამოცანის გადასაწყვეტად ვისარგებლოთ წინა მაგალითში მიღებული (22) განტოლებით, რომელიც ჩვენი შემთხვევისათვის, როდესაც $c = 1$, $H_2 = H_0$ და $H_1 = H_x$, შემდეგნაირად გადაიწერება:

$$Э_v = ak\left[\frac{1}{2}(H_0 - H_x)^2 + (H_{ეპ} - \alpha_1 Q_v^2)(H_0 - H_x)\right]. \qquad (23)$$

თუ $H_0 - H_x$ აღვნიშნავთ h-ით, (23) განტოლებიდან მივიღებთ

$$\frac{1}{2}h^2 + (H_{ეპ} - \alpha_1 Q_v^2)\,h - \frac{Э_v}{ak} = 0,$$

საიდანაც გვექნება

$$h = -H_{ეპ} + \alpha_1 Q_v^2 \pm \sqrt{(H_{ეპ} - \alpha_1 Q_v^2)^2 - 2\frac{Э_v}{ak}}. \qquad (24)$$

ამ განტოლების გადაწყვეტით ვიპოვით h და შემდეგ საძიებელ H_x სიდიდეს შემდეგი განტოლებიდან:

$$H_x = H_0 - h.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ალ. დიდებულიძის სახელობის
ენერგეტიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 19.8.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. В. Болотов. О режиме сработки пристанционного сезонного водохранилища. Гидротехническое строительство, № 11, 1946.
2. Ю. С. Девдариани. Элементы методики расчетов суточного регулирования гидроэлектростанции. Труды Энергетического института Академии наук ГССР, т. V, Тбилиси, 1950.
3. М. А. Мостков. Уравнение гидроэлектростанции. Сообщения АН ГССР, т. XII, № 5, 1951.
4. М. А. Мостков. Основы теории гидроэнергетического проектирования. М., 1948.
5. П. Г. Шенгелия. К вопросу об уточнении расчетов по установлению оптимальных размеров гидроэлектростанций. Сообщения АН ГССР, т. XIII, № 5, 1952.
6. П. Г. Шенгелия. Увеличение эффективности РионГЭС. Управление Грузэнерго. Тбилиси, 1946.

ენტომოლოგია

კ. ხარაზიშვილი

ღრაჭები როგორც კულტივირებული მერქნიანი ჯიშების მავნებლები საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდაძემ 21.6.1953)

ტყის კულტურების სამუშაოების მოცულობის გაფართოებამ საქართველოში გაზარდა წარმოების მოთხოვნა ტყის ჯიშების მავნებლებთან და ავადმყოფობებთან ბრძოლის საქმისადმი.

კულტივირებული მერქნიანი ჯიშების დაზიანების საქმეში არც თუ ისე მცირე როლი ეკუთვნის ნიადაგის მავნებლებს, განსაკუთრებით კი ღრაჭებს. ფირფიტოვან ულვაშიანთა ეს შედარებით მრავალრიცხოვანი ჯგუფი (5600-ზე მეტი სახეობა), ფ. ზაიცევის მონაცემებით [2], კავკასიაში წარმოდგენილია მხოლოდ 39 სახეობით, რომელთაგანაც თითქმის ერთი მესამედი ენდემურია.

1948 — 53 წლებში აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს ტყის კულტურების, მინდორსაცავი ტყის ზოლებისა და სანერგეების გამოკვლევის დროს ჩვენ მიერ რეგისტრირებული იქნა ღრაჭების შემდეგი სახეობანი[1]:

1. *Polyphylla olivieri* Lap. — ამიერკავკასიის მარმარილოსებრი ღრაჭა. იგი კავკასიისათვის ენდემური სახეობაა; ცვლის ევროპული მარმარილოსებრ ღრაჭას (*P. fullo* L.). ფ. ზაიცევის [3] აზრით, *P. fullo* რელიქტური ფორმაა და აქ შემორჩენილია მხოლოდ მაღალმთიან ზონაში იმ დროს, როდესაც *P. olivieri* ჭარბადაა წარმოდგენილი დაბლობებში — მდინარის სანაპიროებზე, დასავლეთ საქართველოში, ალუვიურ ნიადაგებზე, ე. წ. „ლამებზე" კახეთში და სილნარ ნიადაგებზე შავი ზღვის სანაპიროებზე. ხოჭოების ფრენა დასავლეთ საქართველოში ჩვენ მიერ აღნიშნულია ივლისის პირველ რიცხვებში (3 — 13 ივლისი).

2. *Melolontha pectoralis* Germ. — ამიერკავკასიის მაისის ღრაჭა, ენდემური სახეობაა კავკასიისათვის. ის დასავლეთისა (*M. melolontha L.*) და აღმოსავლეთის (*M. hippocastani* F.) ღრაჭების შემცვლელია. საქართველოში ფართოდაა გავრცელებული. არჩევს ზომიერტენიან სტაციებს (მდიდარს მერქნიანი მცენარეებით) როგორც მდინარეთა ხეობებში (მაგალითად, აჯამეთში — ფრენა 1953 წ. 20 აპრილიდან), ისე მთებში (მაგალითად, ასპინძაში, თრია-

[1] სახეობრივი შედგენილობა გარკვეულია ფ. ზაიცევისა (*imago*) და მ. რეკის (მატლები) მიერ.

ლეთის ქედის ფერდობებზე, 1600 მეტრის ზევით, ხოჭოები ნიადაგში, 27 სექტემბერი, 1949 წ. [7]).

3. *Melolontha aceris* Fald. — მოიპოვება თბილისის მიდამოებში (ბაგები); ხოჭოები ვიპოვეთ ნიადაგში 1952 წლის 13 აპრილს. ამიერკავკასიის ენდემური სახეობაა. ირჩევს მერქნიან ბუჩქნარებს.

4. *Amphimallon solstitialis* L. — ივნისის ღრაჭა. საქართველოში ფართოდაა გავრცელებული სხვადასხვა ეკოლოგიურ პირობებში. არჩევს ტყის ნაპირებსა და ნაკაფებს (თბილისის მიდამოები). ხოჭოები ვიპოვეთ ნიადაგში 1952 წ. 21 აპრილს.

5. *Amphimallon ochraceus* Knoch. — სამტრედიის რაიონში და თბილისის მიდამოებში (ბაგები). ხოჭოები ვიპოვეთ ნიადაგში 1952 წ. 13 აპრილს. სხვა სახეობის ღრაჭებისაგან განსხვავებით ცხელ, მზიან ამინდში ფრინავს. მასობრივი ფრენა აღნიშნულია მდინარე რიონის პირას 1952 წლის 27 მაისს.

6. *Rhizotrogus aestivus* Ol. — ჩვეულებრივი ფესვმღრღნელია. ვიპოვეთ ასპინძის რაიონში ოთის სატყეოს ფიჭვის ნარგავებში, ზღვის დონიდან 1800 მეტრ და უფრო მეტ სიმაღლეზე; ხოჭოები ნაპოვნია თიხნარ ნიადაგში 1949 წ. 2 ოქტომბერს.

7. *Rhizotrogus serrifunis* Mars. — ამიერკავკასიის ენდემური სახეობაა. თბილისი (ბაგები); ხოჭოები ვიპოვეთ ნიადაგში 1952 წ. 13 აპრილს.

8. *Rhizotrogus* sp. — ევკალიპტის მე-8 სახელმწიფო ზოლში, ქუთაისის რაიონში მდინარე რიონის პირას (სოფ. ოფშკვითის ახლოს). მატლები ვიპოვეთ ნიადაგში 1950 წ. 12 ოქტომბერს.

9. *Anoxia villosa tristis* Reit. — ზესტაფონში მდინარე ყვირილის პირას, ხოჭოები და მატლები ნიადაგშია (1952 წ. 10 დეკემბერი): გვხდება მცირე რაოდენობით *P. olivieri*-თან ერთად უფრო მძიმე და მშრალ ნიადაგებში. 1952 წელს, გათხრების დროს, 45 საცდელი ორმოდან ამოყვანილ იქნა 244 ცალი ღრაჭას მატლი, რომელთაგანაც 3 ცალი (1.2%) ეკუთვნოდა *A. villosa*-ს სახეობას, დანარჩენი 241 ცალი (97,8%) კი — *P. olivieri*-ს.

10. *Maladera japonica* Motsch. — მიხაკისფერი ღრაჭიკა. ნაპოვნია აჯამეთში (1951 წ. 12 აგვისტო). შემოტანილია ბათუმის მიდამოებიდან, საიდანაც გავრცელდა დასავლეთ საქართველოში.

11. *Phyllopertha horticola* L. (?) [1] — ხოჭოები ნიადაგშია (1952 წლის 22 ივნისი) *P. olivieri*-თან ერთად; ვიპოვეთ ევკალიპტის მე-7 სახელმწიფო ზოლში, მდინარე რიონის პირას, სოფ. ბაშის ახლოს (სამტრედიის რაიონი). ეს სახეობა საქართველოსათვის პირველად ჩვენ მიერ აღინიშნება.

ყველაზე უფრო მრავალრიცხოვან და მავნე სახეობას წარმოადგენს ამიერკავკასიის მარმარილოსებრი ღრაჭა, რომლის მატლები კახეთში დიდ ზიანს აყენებენ ვაზის ფესვებს. გარდა ამისა, როგორც გამონაკლისი, შესაძლებელია მათ მიერ მერქნიანი ჯიშების დაზიანება. სხვა სახეობებიდან შედარებით დიდი ზარალი მოაქვთ ამიერკავკასიის, მაისისა და ივნისის ღრაჭებს.

[1] გარკვეულია მატლების მიხედვით.

ღრაჭების გავრცელება პირველ რიგში ნიადაგის სტრუქტურაზეა დამოკიდებული. სახეობათა უმრავლესობა ქვიშნარებსა და ქვექვიშნარებს არჩევს იმ დროს, როცა მძიმე თიხნარი ნიადაგები ნაკლებ ხელსაყრელია ფირფიტოვანულვაშიანებისათვის. ამიტომ, ნიადაგობრივ სიჭრელესა და მთიან რელიეფთან დაკავშირებით, ღრაჭებით დასახლებული ფართობები საქართველოში შედარებით მცირეა.

ღრაჭების მატლების დასახლების სიხშირე მკვეთრად იცვლება ნიადაგის სტრუქტურასა და ტენიანობასთან დაკავშირებით. ეს განსაკუთრებით აღსანიშნავია ამიერკავკასიის მარმარილოსებრი ღრაჭას მიმართ, რომლის მატლების რაოდენობა 1 მ^2-ზე მკვეთრად მცირდება მდინარის ნაპირებიდან დაშორებით, ე. ი. ქვიშნარიდან მძიმე თიხნარ ნიადაგებზე გადასვლისას. ეს კანონზომიერება დამახასიათებელია საქართველოს სხვადასხვა რაიონისთვისაც და მოცემულია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

ამიერკავკასიის მარმარილოს ღრაჭას დასახლების საშუალო სიხშირე 1 კვ. მეტრზე, ზესტაფონის სატყეო მეურნეობის სანერგეში, ნიადაგის სტრუქტურასთან დაკავშირებით, მდინარე ყვირილას ნაპირიდან დაშორებით (1952 წლის 9—10 ივლისი)

საცდელი ფართობების №№	მანძილი მდინარის ნაპირიდან მეტრობით	ნ ი ა დ ა გ ი	მატლების საშუალო რიცხვი 1 მ^2-ზე 5 ორმოს მიხედვით
1	5—10	ქვიშნარი	14,4
2	30—40	ქვიშნარი	7,8
3	50—60	ქვექვიშნარი	3,6
4	90—100	ქვექვიშნარი, ადგილ-ადგილ ქვეთიხნარი, დიდი რაოდენობის ხრეშით	0,0
5	160—170	ქვეთიხნარი	0,6
6	240—250	"	0,4
7	300—310	"	0,4
8	400—410	"	0,2

როგორც პირველი ცხრილიდან ჩანს, მატლების უმრავლესობა ქვიშნარ და ქვექვიშნარ ნიადაგებში გვხდებოდა მდინარის ახლოს. ქვეთიხნარ ნიადაგებში მატლები გავრცელებული იყო შედარებით მცირე რაოდენობით. მატლების არ ყოფნა № 4 საცდელ ფართობზე მსხვილი ხრეშის დიდი შემცველობითა და ნიადაგობრივი ჰორიზონტის უმნიშვნელო სისქით აიხსნება.

თუ დაბლობ ადგილებში ღრაჭების გავრცელება მეტად თუ ნაკლებად დაკავშირებულია ნიადაგობრივ სტრუქტურასა, ტენიანობასა და მცენარეულ საფართან, მთიან რაიონებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მიკროკლიმატს, რომელიც ფერდობების ექსპოზიციასთანაა დაკავშირებული. ასპინძის სატყეო მეურნეობის ოთის სატყეოს 1949 წლის ამ საკითხთან დაკავშირებული გამოკვლევის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ამიერკავკასიის მაისის ღრაჭას მატლების გავრცელება ფერდობების სხვადასხვა ექსპოზიციის მიხედვით

ფერდობის ექსპოზიცია	მატლების რაოდენობა $^0/_0$-ით
ჩრდილოეთის	57,7
დასავლეთის	24,3
აღმოსავლეთის	17,5
სამხრეთის	0,5

როგორც მეორე ცხრილიდან ჩანს, მატლების უმრავლესობა გვხდებოდა ჩრდილოეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე, შემდეგ კი დასავლეთ ფერდობებზე. ეს მდგომარეობა იმით უნდა აიხსნას, რომ აქ ნიადაგის ტენიანობა უფრო დიდი იყო და თანაც ბალახოვანი მცენარეულობა უხვად იყო გავრცელებული. ამას გარდა, ნიადაგი სამხრეთ ფერდობებზე უფრო ღრმა იყო და ძლიერ ცხელდებოდა დღის განმავლობაში. ამის გამო მატლები აქ უმნიშვნელო რაოდენობით და ისიც მხოლოდ ჩაღრმავებულ ადგილებში და ხეების ქვეშ გვხდებოდა. სწორედ ამიტომ ამიერკავკასიის მაისის ღრაჭას მატლების დიდი ნაწილი გვხვდებოდა 0,2 — 0,3 სიხშირის ფიჭვის მეჩხერი ტყის კორომებით დაფარულ ღვარიან ქვიშიან ნაფენებზე და ტყესთან ახლოს არსებულ მიტოვებულ ნაკვეთებზე (წინათ აქ სასოფლო-სამეურნეო კულტურები ეთესა). ამ შემთხვევაში მატლების რიცხვი ცალკეულ ნაკვეთზე 1 მ²-ზე 20 ეგზემპლარს სჭარბობდა. ამავე დროს უნდა ითქვას, რომ ნიადაგის დასახლება ამიერკავკასიის მარმარილოსებრი ღრაჭას მატლებით დასავლეთ საქართველოს მდინარეთა ნაპირებზე მხოლოდ ალაგ-ალაგ იყო მნიშვნელოვანი და ზოგჯერ რამდენიმე ათეულ ეგზემპლარს აღწევდა 1 მ²-ზე.

მიუხედავად იმისა, რომ ღრაჭების მატლებით ნიადაგი ძალიან მჭიდროდაა დასახლებული, ტყის კულტურებსა და მერქნიანი ჯიშების ნარგავებს ჩვენს პირობებში ისინი გაცილებით უფრო ნაკლებ ზარალს აყენებენ და მათ გავრცელებას ისეთი მუდმივი და მასობრივი ხასიათი არა აქვს, როგორც სსრ კავშირის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილსა და დასავლეთ ევროპაში. ღრაჭების მავნე მოქმედების ცალკეული შემთხვევები კი, როგორც ამას ადგილი ჰქონდა, მაგ., 1949 წელს გაგრის რაიონში ევკალიპტზე [1], როგორც წესი, მცირე კერების ხასიათს ატარებდა. უმრავლეს შემთხვევაში კი ჩვენ მიერ აღნიშნული იყო ტყის კულტურებისა და ნარგავების ერთეული დაზიანება როგორც გვალვიან (ასპინძა), ისე ტენიან (სამტრედია, ზესტაფონი) რაიონებში.

ასე, მაგალითად, ასპინძის სატყეო მეურნეობის ოთის სატყეოში, თუმცა ნიადაგის დასახლება *M. pectoralis* და *Rh. aestivus* მატლებით საკმაოდ მაღალი იყო, ორწლიანი ფიჭვის დაზიანების შემთხვევები 0,012$^0/_0$-ს უდრიდა, და ეს მაშინ, როცა 1949 წ. სამხ. ფერდობებზე გვალვისაგან ნერგების 26$^0/_0$ დაიღუპა.

ღრაჭების მატლებისგან ბალახოვანი მცენარეულობით დაფარულ ნაკვეთებზე ევკალიპტებისა და ალვის ხეების თითქმის სრული დაუზიანებლობა

აღნიშნული იყო ჩვენ მიერ 1950—53 წლებში ევკალიპტის მე-6—7—8 სახელმწიფო ზოლების გამოკვლევისას დასავლეთ საქართველოში მდინარე რიონის ნაპირებზე, თუმცაღა ამიერკავკასიის მარმარილოსებრი ღრაჭას მატლების (თანამგზავრ სახეობებთან *Amphimallon* და *Phyllopertha* ერთად) დასახლება ადგილ-ადგილ 6—14 ეგზემპლარს აღწევდა.

არც თუ იშვიათი იყო შემთხვევები, როდესაც ნარგავები ღრაჭების მატლებისგან კარგად დამუშავებულ ნაკვეთებზე უფრო ზიანდებოდა, ვიდრე სარეველებით დაფარულ ნაკვეთებზე. ასე, მაგალითად, ზესტაფონის სატყეო სანერგეებში (იხ. ცხრ. 1) საცდელ ფართობ № 1-ზე და მის მოსაზღვრე ნაკვეთებზე *P. olivieri*-ს დასახლება მაქსიმუმს აღწევდა — 45 ეგზემპლარს 1 მ^2-ზე (სარეველებით ძლიერ იყო დაფარული კვიპაროსის, ჭადრის, ალვისხისა და სხვა ნერგები). მიუხედავად ამისა, აღნიშნული კულტურების ნერგების დაზიანება თითქმის არ შეგვინიშნავს. საცდელ ფართობ № 8-ზე კი, რომელიც კარგად იყო დამუშავებული და გათოხნილი, აღმოჩენილ იქნა წაბლის რამდენიმე ათეული გამხმარი ნერგი. მათი დაღუპვის მიზეზი იყო *P. olivieri*-ს უფროსი ხნოვანების ერთეული მატლები, რომლებიც რიგთაშორის მოძრაობდნენ საკვებისა და ტენიანობის უკეთესი პირობების პოვნის მიზნით და მთლიანად ღრღნიდნენ მცენარეს ფესვის ყელის ქვემოთ.

ეს ფაქტები იმაზე მიუთითებენ, რომ ნიადაგში საკმაო რაოდენობის საკვებისა და ტენიანობის არსებობისას პირველი ხნოვანების ღრაჭას მატლები ჰუმუსით იკვებებიან, უფროსი ხნოვანების მატლები კი ბალახოვან მცენარეთა ფესვებს არჩევენ, რის გამოც მერქნიანი ჯიშების ნარგავები დაუზიანებელი რჩება, ამიტომ მატლების რაოდენობა 1 მ^2-ზე ყოველთვის როდი უნდა ჩაითვალოს ღრაჭების მავნეობის მაჩვენებლად. ფართობის ერთეულზე მატლების რიცხვის, მათი ხნოვანების, წლის დროისა და აგრეთვე კულტურულ მცენარეთა ფესვებზე მათი თავდასხმის ენერგიის გარდა, დიდ როლს ასრულებს აგრეთვე თვით მცენარის შედარებითი გამძლეობა.

ამგვარად, ღრაჭების მავნეობის ხარისხი დამოკიდებულია მატლების საპროფაგიისა და ფიტოფაგიის როლის შეფარდებაზე, მათს სახეობრივ კუთვნილებასა და ხნოვანებაზე, აგრეთვე მთელ რიგ სხვა ფაქტორებზე (მიკროკლიმატი, ნიადაგი, მცენარეული საფარი და სხვა).

თუ მხედველობაში მივიღებთ დაზიანებისადმი მერქნიანი ჯიშების ფესვთა სხვადასხვაგვარ გამძლეობას, აგრეთვე სხვადასხვა ბუჩქისა და ბალახის ლარვიციდულ ან ღრაჭების დაფრთხობის უნარს (შესაძლოა ფიტონციდურსაც), ცხადი გახდება ნიადაგში ღრაჭების მატლების რაოდენობასა ფართობის ერთეულზე და კულტივირებულ მერქნიან ჯიშებს შორის რთული ურთიერთობა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ა. თ ო ფ ჩ ი ე ვ ი [8] მცენარე ქრისტესისხლას (*Chelidonium majus* L.) და ვ. ს ტ რ ო კ ო ვ ი [6] კანაფს (*Cannabis sativa* L.) ასახელებენ სწორედ ასეთ დამაფრთხობელ მცენარეებად.

ამავე დროს ღრაჭების ცხოვრების პირობების შეცვლას (საკვების რაოდენობა, ნიადაგის ტემპერატურა და ტენიანობა, მცენარეული საფარი და სხვ.) შეუძლია გააძლიეროს ან, პირიქით, შეასუსტოს მატლების მავნეობა.

ვ. სტროკოვი [5] აღნიშნავს, რომველებსა და კულტურულ ნაკვეთებზე ახალი ტიპის მცენარეულობის (ხეებისა და ბუჩქების) გავრცელება ცვლის იმ მავნებელთა კვების ხასიათს, რომლებიც მანამდე სარეველა მცენარეულობით იკვებებოდნენ. ასეთ მდგომარეობას შეუძლია გამოიწვიოს ღრაჭების თავდასხმა მერქნიანი ჯიშების ნარგავებზე, რასაც შედეგად მოჰყვება ნარგავების დაღუპვა. სწორედ ასეთ შემთხვევებს აქვს ადგილი სსრ კავშირის სამხრეთ-აღმოსავლეთის ზოგიერთ გვალვიან რაიონში.

საქართველოს პირობებში ასეთი სურათი არ გვხვდება. ტყის კულტურებისა და მერქნიანი ჯიშების ნარგავებზე ღრაჭების მავნეობა უმეტეს შემთხვევაში უმნიშვნელოა და ეს უმთავრესად კვების პირობების გარდა, დამოკიდებულია მთელ რიგ მიზეზებზე, რომლებიც ზღუდავენ მათ გამრავლებასა და გავრცელებას.

ამ მიზეზებს უნდა მიეკუთვნოს: მთიანი რელიეფი, ლაქობრივი გავრცელება ღრაჭებისა უფრო მსუბუქ ნიადაგებში (მდინარის გასწვრივ, შავი ზღვის სანაპიროს ქვიშნარებზე და უმთავრესად სხვადასხვა ტიპის ალუვიურ ნიადაგებში), აგრეთვე კლიმატი (უმთავრესად გაზაფხულზე ტემპერატურის მკვეთრი რყევა), რომლებსაც შეუძლია დამღუპველად იმოქმედოს ღრაჭების ზოგიერთი სახეობის გამრავლებაზე (მაგალითად, ამიერკავკასიის მაისის ღრაჭა). ამიტომ ღრაჭები საქართველოში რაოდენობის თვალსაზრისით შედარებით მცირერიცხოვანია და ისინი არ არიან დასახლებული დიდ ფართობებზე.

ღრაჭების იმაგინური კვებაც მოკლებულია ყოველგვარ მნიშვნელობას საქართველოს პირობებში. ამიერკავკასიის მაისის ღრაჭას ხოჭოების კვება მუხის ფოთლებითა და ევკალიპტის ახალგაზრდა ყლორტებით ჩვენ მიერ აღნიშნულია 1953 წლის აპრილის შუა რიცხვებში საღორიას ტყეში (ქუთაისი) და ევკალიპტისა მე-9 სახელმწიფო ზოლში ქუთაისის რაიონის სოფ. ჭოგნარის მიდამოებში. მაგრამ მავნებლის მცირერიცხოვანობის გამო მათ მიერ მიყენებული ზიანი ამ შემთხვევაში უმნიშვნელო იყო.

მიუხედავად ამისა, შეცდომა იქნებოდა გვეფიქრა, რომ ღრაჭების წინააღმდეგ ბრძოლას ჩვენში არ უნდა მიექცეს ყურადღება. პირიქით, მერქნიანი ჯიშების სანერგეების მოწყობას, სოფლის მეურნეობისათვის გამოუსადეგარი ნაკვეთების გატყევებას და სხვა სატყეო-კულტურულ ღონისძიებებს წინ უნდა უსწრებდეს მავნებლების გავრცელების დადგენის მიზნით ნიადაგის სპეციალური ენტომოლოგიური გამოკვლევა.

ღრაჭების მატლებით დასახლებული ფართობების აღმოჩენისას აუცილებელია პროფილაქტიკურ და მომსპობ ღონისძიებათა კომპლექსის ჩატარება, რაც მიმართული უნდა იქნეს ღრაჭების დასახლების შემცირებისა და მოსპობისაკენ. ეს მდგომარეობა მით უფრო აუცილებელია, რომ კულტივირებულ მერქნიან ჯიშებს განსაზღვრულ ფართობებზე რგავენ.

ღრაჭებისაგან ტყის კულტურების დასაცავად ყველაზე უფრო მარტივ და საიმედო ღონისძიებად ითვლება დარგვის წინ ნერგების ფესვთა სისტემის დამუშავება დდტ-ს ან ჰექსაქლორანის ფხვნილით. ამ მიზნით, ნერგის ფესვზე უნდა შევაფრქვიოთ 5,5%-ანი დდტ-ს ან 7%-ანი ჰექსაქლორანის

ფხვნილი, 1,5—2,0 გრამი თითოეულ მცენარეზე; ჰექსაქლორანის 12%-იანი ფხვნილის ხმარებისას კი 0,9—1,3 გრამი თითოეულ მცენარეზე. გვალვიანი რაიონებისათვის რეკომენდებულია დდტ-ს ან ჰექსაქლორანის ფხვნილის შერევა თიხის ხსნარებთან ან წუნწუხთან.

უფრო უკეთეს შედეგებს, დ. რუდნევის [4] მონაცემებით, იძლევა მცენარეების ირგვლივ ჰექსაქლორანის ფხვნილის შეტანა, რაც საშუალებას გვაძლევს, ერთი მხრივ, მცენარისათვის ზიანის მიუყენებლად გავზარდოთ დოზა, და, მეორე მხრივ, შევქმნათ ფართო დამცველი ზოლი, უფრო დიდი ხნის ვადით.

დასასრულ საჭიროა აღინიშნოს, რომ ყველა აგროტექნიკური და სატყეო სამეურნეო ღონისძიება (გათოხნა, გაფხვიერება, მორწყვა და სხვა), მიმართული ვარჯის სწრაფი შეკვრისა და მცენარის ზრდის პირობების გაუმჯობესებისაკენ, აამაღლებს აგრეთვე ტყის კულტურებისა და მერქნიანი ჯიშების ნარგავების გამძლეობას ღრაჭების მიერ გამოწვეულ დაზიანებისადმი. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ ღრაჭების წინააღმდეგ მიმართული ქიმიური ღონისძიებები აუცილებლად წინ უნდა უსწრებდეს ნარგავების მოვლის ზემოაღნიშნულ ღონისძიებებს, წინააღმდეგ შემთხვევაში არათუ რაიმე დადებით ეფექტს მივიღებთ, არამედ, პირიქით, ამან შეიძლება მცენარეთა მასობრივი ხმობა გამოიწვიოს. მაგალითად, სარეველების მოცილებისას (გათოხნა) ღრაჭას მატლებს შეუძლიათ დააზიანონ ნერგების ფესვები; ამ მდგომარეობას კი ადგილი არ ექნება, თუ ქიმიური ღონისძიებანი სარეველების მოსპობამდე ჩატარდება.

დ ა ს კ ვ ნ ა

1- მთაგორიან რელიეფთან დაკავშირებით საქართველოში ღრაჭები მდინარისპირა ალუვიურ ნიადაგებზე, შავი ზღვის სანაპიროს ქვიშნარებზე და სხვა შედარებით მსუბუქ სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებზე სახლდებიან. ამიტომ ჩვენს პირობებში ღრაჭების გავრცელება ლაქობრივ ხასიათს ატარებს და ისინი შედარებით მცირე რაოდენობით გვხვდებიან;

2. ყველაზე უფრო მრავალრიცხოვანი სახეობაა ამიერკავკასიის მარმარილოსებრი ღრაჭა, რომელიც მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს ვაზს (კახეთში) და ზოგიერთ შემთხვევაში შეუძლია დააზიანოს მერქნიანი ტყის ჯიშების ნარგავებიც. ზოგჯერ აღინიშნება ამიერკავკასიის მაისის ღრაჭასა და ივნისის ღრაჭას (მატლების) მავნე მოქმედება;

3. ღრაჭების გამრავლებისა და გავრცელების შემზღუდავ მიზეზებთან (განსაკუთრებით, გაზაფხულზე ტემპერატურისა და ტენის დიდი მერყეობა) და კვების ხასიათთან (მატლები არჩევენ ბალახოვანი მცენარეულობის ფესვებით, ნაწილობრივ კი ჰუმუსით, საზრდოობას) დაკავშირებით, მათი მავნეობა კულტივირებული მერქნიანი ჯიშების ნარგავების მიმართ საქართველოს პირობებში არ ატარებს ისეთ მუდმივ და მასობრივ ხასიათს, როგორც სსრ კავშირის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილის გვალვიან რაიონებში; ზოგჯერ საქარ-

თველოში ასეთი შემთხვევები გამონაკლისის ხასიათს ატარებენ და ისიც მცი-რე ფართობებზე;

4. სატყეო-კულტურული სამუშაოების მოცულობის ზრდა საქართველო-ში და მერქნიანი ჯიშების კულტივირება მოითხოვს წინასწარ ენტომოლო-გიურ გამოკვლევებს და ღონისძიებათა კომპლექსის ჩატარებას ღრაჭების მატ-ლებით დასახლებულ ნაკვეთებზე. ბრძოლის ღონისძიებებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ნერგების ფესვთა სისტემის დამუშავება (დარგვის წინ) დდტ-ს ან ჰექსაქლორანის ფხვნილებით და აგრეთვე ჰექსაქლორანის ფხვნილების შე-ტანა ნიადაგში მცენარეთა ახლოს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 22.6.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Т. А. Георгобиани и П. И. Митрофанов. Закавказский мраморный хрущ как вредитель эвкалипта и меры борьбы с ним. Бюллетень ВНИИ чая и субтропических культур, № 2, 1951.
2. Ф. А. Зайцев. Обзор хрущей Кавказа в связи с их распространением в крае. Известия Тифлисского политехнического ин-та, в. 3, 1928.
3. Ф. А. Зайцев. О нахождении мраморного хруща (*Polyphylla fullo* L.) в Закавказье. Сообщение АН Груз. ССР, т. II, № 3, 1941.
4. Д. Ф. Руднев. Новые химические средства борьбы с вредителями полезащитных лесонасаждений. Труды республиканской конференции по вопросам развития степного лесоразведения в Украинской ССР. Киев, 1952.
5. В. В. Строков. Насущные и нерешенные вопросы защиты леса. Журнал „Лесное хозяйство", № 5, 1951.
6. В. В. Строков. Применение конопли для защиты от личинок майского хруща. Журнал „Лес и степь", № 2, 1951.
7. შ. სუპატაშვილი. ტყის კულტურებისა და სანერგეების მავნე მწერები და მათთან ბრძოლა. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამოცემა, თბილისი, 1950.
8. А. Г. Топчиев. Распределение личинок пластинчатоусых в различных типах лесных посадок юговостока УССР. Труды республиканской конференции по вопросам развития степного лесоразведения в Украинской ССР, Киев, 1952.

ფსიქოლოგია

ნ. ადამაშვილი

ფიქსირებული განწყობის გამოვლენის ზოგიერთი ფაქტორი ოპტიკურ აღქმაში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა შ. ნუცუბიძემ 3.7.1953)

საგანთა უტოლობის მიმართებისადმი ფიქსირებული განწყობის გამოვლინებას, როგორც ცნობილია, ტოლ საგანთა აღქმის კონტრასტული ილუზია წარმოადგენს [1, 2].

მხედველობით აღქმაში იგი მიიღება ორი უტოლო ობიექტის (უტოლო წრეების, ბურთების) სიდიდის განმეორებითი შედარებიდან (განმაწყობელი ცდები) ტოლი ობიექტების შედარებაზე გადასვლისას (კრიტიკული ცდები). უკანასკნელნი ასეთ პირობებში, როგორც წესი, წინა საგნების საწინააღმდეგოდ განლაგებულ უტოლო ობიექტებად განიცდებიან.

ანალოგიური ილუზიების არსებობა დადგენილია თითქმის ყველა მოდალობის აღქმაში. ყველა შემთხვევაში ამ ილუზიების აღმოცენების ძირითად პირობას წარმოადგენს ობიექტების (გამღიზიანებელთა) სიდიდის შეფარდების შეუსატყვისობა განმაწყობელ და კრიტიკულ ცდებში.

მაგრამ გარდა აღნიშნული ძირითადი პირობისა, გამოვლინებულია ილუზიის გამაპირობებელ მეორეულ ფაქტორთა მონაწილეობაც. ამ მეორეულ ფაქტორთა შორის ძირითადია ურთიერთმიმართება შემდეგი მომენტებისა განწყობის შემუშავება-გაფიქსირებისა და მისი გამოვლინების ცდებში: მთლიანი სიტუაციებისა [4], აღმქმელ გრძნობათა ორგანოებისა [2, 7], შესადარებელი ობიექტების (რელატების) ფორმისა და საგნობრივი შინაარსისა [5, 6].

მეორეული ფაქტორების ამ უკვე გამოვლინებულ რიგს მხედველობითი აღქმის სფეროსთვის უნდა დაემატოს კიდევ რამდენიმე: შესადარებელი ობიექტების სიდიდე, მათი დაშორება აღმქმელი სუბიექტისაგან, განლაგება და, ბოლოს, ამ ობიექტების ფერი. ჩვენ მიერ ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა შესატყვისობის მეტ-ნაკლებობა მათი სიდიდის, დაშორების, განლაგებისა და ფერის მიხედვით გავლენას ახდენს განწყობის გამოვლინების ძალასა და ხასიათზე, აგრეთვე მისი ჩაქრობის დინამიკაზე.

წინამდებარე წერილში ჩვენ შევეხებით მხოლოდ პირველ ორ ფაქტორს, გავარკვევთ, თუ რა მნიშვნელობა აქვს თითოეული ამ ნიშნის მიხედვით განმაწყობელი და კრიტიკული ობიექტების შესატყვისობის მეტ-ნაკლებობას ფიქსირებული განწყობის გამოვლენისათვის.

I. სიდიდის ფაქტორი. კრიტიკული ტოლი წრეების ზომა დღემდე ჩატარებულ ცდებში, ჩვეულებრივად, განმაწყობელ წრეთა ზომის ფარგლებს

არ სცილდებოდა. ამგვარად, ფაქტობრივ დაცული იყო განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა აბსოლუტური სიდიდის ერთგვარი, მაქსიმალურთან მიახლოებული, შესატყვისობა. ჩვენ კი მიზნად დავისახეთ გაგვერკვია, აქვს თუ არა რაიმე მნიშვნელობა განმაწყობელი და კრიტიკული წრეების სიდიდეთა შესატყვისობის მეტ-ნაკლებობას ილუზიის აღმოცენებისათვის, რისთვისაც დავაყენეთ ქვემომოყვანილი ცდები.

ერთისა და იმავე ზომის განმაწყობელ წრეხაზებს ($R=30-15$ მმ) შევურჩიეთ მეტნაკლებად შესატყვისი სიდიდის კრიტიკული წრეხაზები: მაქსიმალურად შესატყვის სიდიდედ ჩავთვალეთ განმაწყობელ წრეხაზთა საშუალო ზომა $\left(R=\frac{30 \text{ მმ}, 15 \text{ მმ}}{2}=22{,}5 \text{ მმ}\right)$, რომლის მეტ-ნაკლები შემცირება-გადიდებით მივიღეთ შესატყვისობის მეტ-ნაკლებობა. გამოყენებული იყო სულ ხუთგვარი სიდიდის კრიტიკული წრეხაზები, რომელთა რადიუსები უდრიდა: 5 მმ, 10 მმ, 22,5 მმ, 40 მმ, 50 მმ.

ამ წრეხაზთა თითოეული ვარიანტით ცდები დაყენებული იყო სხვადასხვა პირებზე, რის შედეგად დაგროვდა თითოეული ვარიანტისათვის 11 ცდისპირის, სულ კი 55 ცდისპირის მასალა.

საექსპოზიციო სარკმლის სიმცირის გამო ტაქისტოსკოპის გამოყენების შეუძლებლობამ გვაიძულა ხელით გვეწარმოებინა ექსპოზიციების ხანგრძლიობის რეგულირება. ამან გაზარდა ექსპოზიციის დრო დაახლოებით 1″-მდე, რაც მხედველობაშია მისაღები ჩვენი ცდების შედეგების ტაქისტოსკოპით ნაწარმოები ცდების შედეგებთან შედარებისას.

რაოდენობრივად დამუშავებული ცდების მასალა წარმოდგენილია პირველ და მეორე ცხრილებში, იგი სავსებით ნათლად გვიჩვენებს, რომ რაც უფრო მეტია განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა სიდიდის შეუსატყვისობა, მით უფრო

1) იზრდება იმ პირთა რაოდენობა, რომელთაც განწყობის კონტრასტული ილუზია არ გაუჩნდათ და, პირიქით, მცირდება ამ ილუზიის მქონე პირთა რაოდენობა (იხ. ცხრილი 1, ნაკვეთი: ცდისპირთა პროცენტული რაოდენობა, უგანწყობონი)[1];

2) კრიტიკული წრეხაზების აღქმის სამ შესაძლო ნაირსახეობაში მცირდება კონტრასტული ილუზიის შედარებითი რაოდენობა, სამაგიეროდ კვალდაკვალ მატულობს ადეკვატური აღქმის, ხოლო ობიექტების მაქსიმალური შეუსატყვისობის დროს ასიმილაციური ილუზიების რაოდენობაც (იხ. ცხრილი 1);

3) მცირდება კონტრასტული ილუზიის გამოვლინების ხანგრძლიობა I ფაზაში და საერთოდაც, მაშინ როდესაც ასიმილაციური ილუზიის ხანგრძლიობა ჯერ მცირდება, განმაწყობელი და კრიტიკული ობიექტების მაქსიმალური შეუსატყვისობის დროს კი კვლავ მატულობს, რაც ამ შემ-

---

[1] ასეთი ცდისპირები საგანგებოდ შევამოწმეთ საშუალო ზომის ($R=22{,}5$ მმ) კრიტიკული წრეხაზებით. მათ უდიდეს უმრავლესობას დაუდასტურდა კონტრასტული ილუზია ამ წრეხაზთა მიმართ.

ცხრილი 1

ცდების ვარიანტები	ცდების მასალა: გამაწყობელი წრეხაზების R მმ-ით	ცდების მასალა: კრიტიკული წრეხაზების R მმ-ით	ცდების მასალა: სხვაობა საშუალო ზომისა და დანარჩენ წრეხაზთა შორის	კრიტიკული წრეხაზების აღქმისნაირსახეობათა რაოდენობრივი შეფარდება ყველა ექსპოზიციის ფარგალში: ექსპოზიციათა ჯამი	კრიტიკული წრეხაზების აღქმის...: კონტრასტული ილუზია %%-ით	კრიტიკული წრეხაზების აღქმის...: ტოლად აღქმა %%-ით	კრიტიკული წრეხაზების აღქმის...: ასიმილაციური ილუზია %%-ით	ცდისპირთა პროცენტული რაოდენობა, რომელთაც აქვთ ილუზია: კონტრასტული: I ფაზა	ცდისპირთა პროცენტული რაოდენობა...: კონტრასტული: ს ფ ე	ცდისპირთა პროცენტული რაოდენობა...: ასიმილაციური: ს ფ ე	ფიქსირებული განწყობის ჩაქრობის ტიპობრივი ნიშნები — ცდისპირთა პროცენტული რაოდენობა: უგანწყობონი	...: დინამიკურნი	...: სტატიკურნი	...: პლასტიკურნი	...: ტლანქნი	ცდისპირთა რაოდენობა
I	30—15	5—5	—17,5	63	6,0	73,0	21,0	—	36	27	64	190	0	0	100	11
II	30—15	10—10	—12,5	116	52,6	45,7	1,7	64	74	18	27	87	12,5	50	50	11
III	30—15	22,5—22,5	0	172	58,0	32'5	10.5	82	82	36	19	78	22	56	44	11
IV	50—15	40—40	+17,5	104	40,0	54,2	4,8	45	64	27	36	100	—	43	57	11
V	30—15	50—50	+27,5	91	22,0	43,8	33,1	—	36	36	64	50	50	25	75	11

ცხრილი 2

ცდების ვარიანტები	ცდების მასალა			ექსპოზიციების საშუალო რაოდენობა						ცდისპირთა რაოდენობა
				კონტრასტული ილუზიებისა				ასიმილაციური ილუზიებისა		
				მხოლოდ პირველი ფაზის		ყველა ილუზია				
	განმაწყობელი წრეხაზების R მმ-ით	კრიტიკული წრეხაზების R მმ-ით	სხვაობა საშუალო ზომის წრეხაზთა და დანარჩენ წრეხაზთა შორის	პირველი ფაზის მქონეთათვის	მთელი ჯგუფისათვის	კონტრასტული ილუზიის მქონეთათვის	მთელი ჯგუფისათვის	ასიმილაციური ილუზიის მქონეთათვის	მთელი ჯგუფისათვის	
I	30—15	5—5	—17,9	—	—	1,0	0,4	4,3	1,2	11
II	30—15	10—10	—12,5	3,7	2,4	7,7	5,5	1,0	0,2	11
III	30—15	22,5—22,5	0	7,3	6,0	10,9	9,1	4,5	1,6	11
IV	30—15	40—40	+17,5	5,6	2,5	6,0	3,8	1,7	0,5	11
V	30—15	50—50	+27,5	—	—	5,0	1,8	7,7	2,7	11

თხევაში აღქმის ასიმეტრიის გამოვლინებისათვის ხელსაყრელი პირობის შექმნით უნდა აიხსნას [3] (იხ. ცხრილი 2);

4) ცვლილება ეტყობა განწყობის ჩაქრობის ტიპობრივ ნიშნებსაც განწყობის გატლანქების მიმართულებით (იხ. ცხრილი 1).

ამგვარად, უდავოა, რომ განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა სიდიდის შეუსატყვისობის მატების კვალდაკვალ ფიქსირებული განწყობის გამოვლინება უსუსტდება და უტლანქდება ცდისპირთა უმრავლესობას, ხოლო ზოგიერთს სავსებით გამოუვლინებელი რჩება. აღსანიშნავია, რომ იგივე კანონზომიერება იჩენს თავს ჰაპტურ სფეროში განწყობის ფიქსირების ცდებშიც, რაც ჩანს ფსიქოლოგიის დარგის დიპლომანტი სტუდენტის მ. თხინვალელის მიერ ჩემი ხელმძღვანელობით ნაწარმოები გამოკვლევის შედეგებიდან.

II. დაშორების ფაქტორი. რაც შეეხება მხედველობით აღქმულ სიდიდეს, საყოველთაოდ ცნობილია, რომ იგი პირობადებულია უპირველეს ყოვლისა თვალის ბადურაზე მიღებული ობიექტური საგნის გამოხატულების სიდიდით, რაც, თავის მხრით, თვალიდან საგნის დაშორების მანძილზეა დამოკიდებული. ამ ვითარების გათვალისწინებასთან დაკავშირებით ბუნებრივად დავდექით შემდეგი ამოცანის წინაშე: გვეკვლია ცდისპირისაგან განმაწყობელი და კრიტიკული მასალის დაშორების შესატყვისობის მეტ-ნაკლებობის მნიშვნელობა ფიქსირებულ განწყობის გამოვლინებისათვის. ამისათვის დავაყენეთ ცდების ოთხი ვარიანტი; განმაწყობელი ცდების წრეხაზების რადიუსი

უდრიდა 30–15 მმ-ს, ხოლო რადიუსი კრიტიკულისა—22,5 და 50 მმ-ს. განმაწყობელი და კრიტიკული წრეხაზების დაშორება ცდისპირისაგან ორ ვარიანტში ერთგვარი იყო, დანარჩენ ორში კი განსხვავებული. სახელდობრ: 22,5 მმ-ანი წრეხაზები ერთ შემთხვევაში განმაწყობელი წრეხაზების მანძილზე თავსდებოდა (ორივე 50 სმ-ით იყო დაშორებული ცდისპირს), მეორე შემთხვევაში კი ისინი განმაწყობელ წრეხაზებთან შედარებით იმდენად ახლოს თავსდებოდა, რომ მათი ბადურული გამოხატულება დაახლოებით 2-ჯერ უნდა გადიდებულიყო (განმაწყობელნი 200 სმ-ის, კრიტიკულნი კი 90—100 სმ-მდე მანძილზე). კრიტიკული წრეხაზების ორჯერ მიახლოებით მათი ბადურული გამოხატულების სიდიდე განმაწყობელ წრეხაზთა სიდიდესთან დაახლოებით ისეთსავე მიმართებაში უნდა მოქცეულიყო, როგორშიც არიან ამ უკანასკნელებთან დაახლოებით 50 მმ რადიუსის მქონე წრეხაზები, რომელნიც განმაწყობელ წრეთა საშუალო ზომაზე დაახლოებით 2-ჯერ დიდი არიან.

რაც შეეხება 50 მმ რადიუსის მქონე კრიტიკულ წრეხაზებს, ისინი ერთ შემთხვევაში აგრეთვე განმაწყობელ წრეხაზთა მანძილზე რჩებოდნენ (ორივე მათგანი 50 სმ-ის მანძილზე ცდისპირისაგან), მეორე შემთხვევაში კი განმაწყობელთაგან იმდენად შორს თავსდებოდენ, რომ მათი გამოხატულება ბადურაზე დაახლოებით 2-ჯერ უნდა შემცირებულიყო და ამის გამო ისინი განმაწყობელი წრეებისთვის საშუალო ზომის ($R=22,5$ მმ) წრეებად უნდა ქცეულიყვნენ. ამ შემთხვევაში განმაწყობელი წრეების დაშორება 50 სმ-ს უდრიდა, კრიტიკულისა კი 100—130 სმ-ს.

ამ ცდებში განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა მანძილის შესატყვისობის შემცირებისას წრეხაზთა ბადურული გამოხატულების ნავარაუდევი სიდიდით ვხელმძღვანელობდით. ეს ვარაუდი ემყარებოდა არა მხოლოდ თეორიულ გამოანგარიშებას, არამედ ამ მიმართულებით ყოველი ცდისპირის წინასწარ შესწავლას. უკანასკნელი მიზნით გამოვიყენეთ ცდისპირთა დაკვირვებები უარყოფითი კვალის სიდიდეზე, რომელიც წარმოადგენს ბადურული გამოხატულების პროექციას გარეთ და რომლის სიდიდის ცვალებადობაზე დაკვირვების წარმოებით შესაძლებელია დასკვნის გამოტანა ბადურულ გამოხატულებათა სიდიდის შესახებ.

განწყობის ცდის წინ ცდისპირში ვიწვევდით გარკვეული ზომის წრის უარყოფით კვალს, რომლის პროექციის მიახლოებით ან დაშორებით ვპოულობდით იმ მანძილს, სადაც კვალი უტოლდებოდა ჩვენს საძიებელ სიდიდეს. მომდევნო განწყობის ცდებში ამგვარადვე მონახული მანძილით ვხელმძღვანელობდით; იგი მერყევი, ინტერინდივიდუალურად განსხვავებული აღმოჩნდა. ცხრილებში 3 და 4, რომლებშიც მოცემულია განხილული ცდების რაოდენობრივი მაჩვენებლები, ნაჩვენებია ის ფარგლები, რომელშიც განიცდიდა მერყეობას ეს მანძილი ცდისპირთა ჯგუფში.

თუ ცდების შედეგებს მხოლოდ დაშორების შესატყვისობა-შეუსატყვისობის თვალსაზრისით განვიხილავთ, დავინახავთ, რომ განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა ცდისპირისაგან დაშორების შეუსატყვისობა ყოველთვის ერთგვარ გავლენას არ ახდენს განწყობის გამოვლინებაზე. 22,5 მმ რადიუსის მქონე წრეებთან იგი (შეადარეთ ვარიანტი I II-ს) მკვეთრად ასუსტებს გან-

ცხრილი 3

ცდების ვარიანტები	განმაწყობელი მასალა: წრეთა R-ების ზომა მმ-ით	განმაწყობელი მასალა: ცდისპირისაგან დაშორება სმ-ით	კრიტიკული მასალა: წრეთა R-ბის ზომა მმ-ით	კრიტიკული მასალა: ცდისპირისაგან დაშორება სმ-ით	კრიტიკული წრეხაზების აღქმისნაირსახეობათა რაოდენობრივი ურთიერთ შეფარდება ყველა ექსპოზიციის ფარგალში: ექსპოზიციათა ჯამი	კონტრასტული ილუზია $^0/_0{}^0/_0$-ით	ტოლად აღქმა $^0/_0{}^0/_0$-ით	ასიმილაციური ილუზია $^0/_0{}^0/_0$-ით	ცდისპირთა პროცენტული რაოდენობა, რომელთაც აქვთ ილუზია: კონტრასტული: პირველი ფაზა	კონტრასტული: სულ	ასიმილაციური	ფიქსირებული განწყობის ჩაქრობის ტიპობრივი ნიშნები — ცდისპირთა პროცენტული რაოდენობა: უგანწყობო	დინამიკური	სტატიკური	პლასტიკური	ტლანქი	ცდისპირთა რაოდენობა
I	30—15	200	22,5	90—100	137	29	51	19	30	60	100	40	100	—	33,3	66,6	10
II	30—15	50	22,5	50	172	58,0	32,5	10,5	82	82	36	19	78	22,2	55,5	44,4	11
III	30—15	50	50	50	91	22,0	43,8	33,1	—	36	36	64	50	50	25	75	11
IV	30—15	50	50	100—130	274	47	40	13	20	70	60	10	78	22	67	33	10

წყობის კონტრასტულ გამოვლინებებს და ატლანქებს მისი ჩაქრობის პროცესს. 50 მმ რადიუსის მქონე წრეების შემთხვევაში კი საწინააღმდეგო სურათია (შეადარე ვარიანტი IV III-ს); მანძილთა შეუსატყვისობის დროს აქ განწყობა შეუდარებლად უფრო ინტენსიურად და პლასტიკურად გამოავლენს თავის კონტრასტულ მოქმედებას, ვიდრე მანძილთა შესატყვისობისას. აღნიშნული ვითარებიდან გამომდინარეობს, რომ თავისთავად მანძილის, როგორც ასეთის, შეუსატყვისობა არაა მთავარი, რომ ამ შემთხვევაში მანძილი მხოლოდ რაღაც სხვა ფაქტორის მოქმედების გამაშუალებელ როლს უნდა ასრულებდეს. როგორც აღნიშნული იყო, ჩვენი წინასწარი ვარაუდით მანძილი განწყობის გამოვლენის ფაქტორად უნდა იქცეოდეს წრეხაზთა ბადურული გამოხატულების სიდიდეზე ზემოქმედების გზით. ვნახოთ, რამდენად ამართლებს ფაქტობრივი შედეგები ამ ვარაუდს. შევადაროთ ერთმანეთს ცდე-

ცხრილი 4

ცდების ვარიანტები	განმაწყობელი მასალა		კრიტიკული მასალა		ექპოზიციების საშუალო რაოდენობა						ცდისპირთა რაოდენობა
					კონტრასტული ილუზიებისა				ასიმილაციური ილუზიებისა		
					მხოლოდ I ფაზის		ყველა ილუზიის				
	წრეთა R-ების ზომა მმ-ით	ცდისპირისაგან დაშორება სმ-ით	წრეთა R-ების ზომა მმ-ით	ცდისპირისაგან დაშორება მმ-ით	საშუალო პირველი ფაზის მქონეთათვის	საშუალო მთელი ჯგუფისათვის	საშუალო კონტრასტული ილუზიის მქონეთათვის	საშუალო მთელი ჯგუფისათვის	საშუალო ასიმილაციური ილუზ. მქონეთათვის	საშუალო მთელი ჯგუფისათვის	
I	30—15	200	22,5	90—100	5,3	1,6	6,8	4,1	3,7	2,6	11
II	30—15	50	22,5	50	7,3	6.0	10,9	9,1	4,5	1,6	11
III	30—15	50	50	50	—	—	5,0	1,8	7,7	2,7	11
IV	30—15	50	50	100—130	7,8	4,7	14,4	13,0	7,0	3,5	10

ბის ვარიანტები, რომლებშიც ფაქტობრივ განსხვავებული, ბადურულ გამოხატულების სიდიდით კი ერთნაირი კრიტიკული წრეებია მოცემული (შეადარეთ ვარ. IV III-ს, I II-ს).

თუ ამ ცდებს წრეების სიდიდეთა თვალსაზრისით განვიხილავთ, მაშინ უნდა გავარჩიოთ განმაწყობელი და კრიტიკული წრეხაზების სიდიდეთა როგორც შესატყვისობის, ისე შეუსატყვისობის ორი შემთხვევა: ფ ა ქ ტ ო ბ რ ი ვ ი და ბ ა დ უ რ უ ლ ი. განმაწყობელ წრეხაზებთან ფაქტობრივ შესატყვისობაშია 22,5 მმ, შეუსატყვისობაში კი 50 მმ რადიუსის მქონე წრეები; ბადურული გამოხატულების მიხედვით კი თითოეული წყვილი აღნიშნული ზომის წრეებისა განმაწყობელს შეესატყვისება (იხ. ვარ. II, III) ან არ შეესაბამება (იხ. ვარ. I, IV) ამ უკანასკნელთაგან მათი დაშორების კვალობაზე.

რაოდენობრივი მაჩვენებლები მიგვითითებს, რომ ფაქტობრივი შესატყვისობა-შეუსატყვისობა განმაწყობელი და კრიტიკული წრეხაზების სიდიდისა არაა ერთადერთი მოქმედი ფაქტორი, ვინაიდან ამ მხრივ ერთგვაროვნების მიუხედავად მანძილის განსხვავების პირობებში მიღებულია განსხვავებული შედეგი (შეადარეთ ვარ. I—II-ს, III—IV-ს).

რაც შეეხება ბადურულ გამოხატულებათა სიდიდეს, მიუხედავად იმისა, რომ მის მიხედვით განმაწყობელი და კრიტიკული მასალის სიდიდეში იქმნება ფაქტობრივის საწინააღმდეგო შეფარდება, იგი მაინც მოქმედ ფაქტორად გვევლინება (შეადარეთ ვარ. IV II-ს, I III-ს). მართლაც, ავიღოთ 50 მმ რადიუსის მქონე წრეხაზები, რომელნიც მეტად სუსტად ავლენენ 30—15 მმ-ანი წრეხაზებით ფიქსირებულ განწყობას (იხ. ვარ. III). ჩვენ ვხედავთ, რომ, როცა ეს წრეები ცდისპირისაგან განმაწყობელზე ორჯერ უფრო

შორს თავსდება, ძალიან მატულობს განწყობის კონტრასტული და პლასტიკური გამოვლინება (იხ. ვარ. IV); იგი თითქმის 22,5 მმ-ანი წრეებით დაყენებული ცდების პირობებში მიღებულს აღწევს. იგივე ითქმის 22,5 მმ-ანი წრეების შესახებაც, რომელთა განწყობის გამოვლინების შესაძლებლობა (იხ. ვარ. II) მკვეთრად იკლებს და 50 მმ-ან წრეებისას უახლოვდება, როდესაც მათი ბადურული გამოხატულების სიდიდის შეფარდება განმაწყობელ წრეებთან 50 მმ-იან წრეებისას ემსგავსება (იხ. ვარ. I).

ამგვარად, უდავოა, რომ მანძილით გაპირობებული წრეხაზთა ბადურული გამოსახულების სიდიდე გავლენას ახდენს განწყობის გამოვლენაზე და აფერხებს ან ხელს უწყობს მას განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა ბადურულ გამოსახულებათა სიდიდის შესატყვისობის კლების ან მატების კვალობაზე.

დასკვნა

ზემოთ მოყვანილი ექსპერიმენტული მონაცემების განხილვის შედეგად დადგენილად უნდა ჩაითვალოს, რომ წრეხაზთა უტოლობის მიმართებისადმი ფიქსირებული განწყობა მეტ-ნაკლებად ვლინდება ტოლი წრეების მიმართ, ხოლო გამოვლენილი ილუზიის ჩაქრობის დინამიკას ამ ტოლ წრეთა ორი სივრცითი ნიშნის, სიდიდისა და დაშორების განმაწყობელ წრეთა შესატყვის ნიშნებთან შეფარდების ცვლის კვალობაზე.

ირკვევა, რომ მაქსიმალური შესატყვისობა განმაწყობელ და კრიტიკულ წრეხაზთა სიდიდისა ქმნის ოპტიმალურ პირობას ფიქსირებული განწყობის გამოვლენისათვის, რომელიც მით უფრო სუსტია, რაც უფრო მატულობს ზემოხსენებული წრეების სიდიდის შეუსატყვისობა.

რაც შეეხება წრეების დაშორების ფაქტორს, დადგენილია, რომ მისი გავლენა განწყობის გამოვლენაზე გაშუალებულია ცვლილებებით, რომელთაც იგი წარმოქმნის წრეთა ბადურული გამოხატულების სიდიდეში; ეს გავლენა ექვემდებარება განმაწყობელი და კრიტიკული წრეხაზების სიდიდეთა ურთიერთშეფარდების ფაქტორის მოქმედების კანონზომიერებას.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 11.7.1952)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Д. Н. Узнадзе. К вопросу об основном законе смены установки. Психология, вып. 9, 1930, стр. 316—335.
2. დ. უზნაძე. განწყობის ფსიქოლოგიის ექსპერიმენტული საფუძვლები. ფსიქოლოგია, VI, საქ. სსრ. მეცნ. აკადემიის გამოცემა, 1949.
3. ბ. ხაჭაპურიძე. სენსორული ასიმეტრია და ფიქსირებული განწყობა. საქ. სსრ. მეცნ. აკადემიის საზოგ. მეცნ. განყოფილების სესიის მოხსენებათა თეზისები, 1943.
4. ბ. ხაჭაპურიძე. სიტუაციის როლი განწყობის სტიმულირებისათვის. მასალები განწყობის ფსიქოლოგიისათვის, საქართ. საფსიქოლოგიო საზ-ბის გამოცემა, 1938.
5. ზ. ხოჯავა. ფიგურის როლი განწყობის მოქმედებაში. სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტის შრომები, IX, 1939
6. ბ. ხაჭაპურიძე. განწყობის შემუშავებისა და გამოვლინების პირობები, დამატება მისივე წიგნისა „დიდაქტიკური მასალები". სახელგამი, 1939.
7. ნ. ადამაშვილი. განწყობის ილუზიის ინტერმოდალური ტრანსპოზიცია. სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, XVII, 1941.

ენათმეცნიერება

გ. როგავა

კლასიანი უღვლილების პირიან უღვლილებაში გადასვლისათვის იბერიულ-კავკასიურ ენებში[1

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა არნ. ჩიქობავამ 29.7.1953)

იბერიულ-კავკასიურ ენათა ბოლო ხანებში ჩატარებული ინტენსიური შესწავლის შედეგად გაირკვა, რომ ამ ენათა პირიან უღვლილებას წინ უსწრებდა კლასიანი უღვლილება. კლასიანი უღვლილების ყველაზე ძველი სახე დაცული აქვთ ხუნძურ-ანდიურ-დიდოურ ენებს. პირიანი უღვლილების მქონე ენებია ქართველური ენები, ადიღური (ჩერქეზული) ენები და უბიხური ენა. კლასიანი უღვლილებიდან პირიან უღვლილებაში გარდამავალ ენად ითვლება აფხაზური ენა. პირიანი უღვლილების ჩანასახი შეინიშნება დაღისტნის რიგს ენაში.

ასეული წლების განმავლობაში მიმდინარეობდა პროცესი კლასიანი უღვლილების გადასვლისა პირიან უღვლილებაში. „გრამატიკული წყობის საფუძვლები — წერს ი. ბ. სტალინი — რჩება მეტად დიდი ხნის განმავლობაში, რადგან ამ საფუძვლებს, როგორც ისტორია გვიჩვენებს, შეუძლიათ წარმატებით ემსახურონ საზოგადოებას მთელი რიგი ეპოქების მანძილზე" ([1], გვ. 23).

კლასიანი უღვლილების თანდათანობითი მოშლა მიმდინარეობდა პირიანი უღვლილების თანდათანობითი ჩამოყალიბების პირობებში. ამითაა შეპირობებული ფაქტი, რომ კლასების კატეგორიის აფიქსები იღებენ ჩვეულებრივ პირების ფუნქციას.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია გათვალისწინებულ იქნეს ის პირობები, რომლებიც აუცილებელი უნდა ყოფილიყო კლასიანი უღვლილების პირიან უღვლილებაში უშუალოდ გადასვლისათვის.

კლას-კატეგორიის მქონე იბერიულ-კავკასიურ ენებში, როგორც ცნობილია, ადამიანის კატეგორიაში გარჩეულია ორი ქვეკატეგორია („სქესი"): მამაკაცის კატეგორია (პირველი გრამატიკული კლასი) და ქალის კატეგორია (მეორე გრამატიკული კლასი). გამონაკლისს წარმოადგენს ტაბასარანული ენა, სადაც ამჟამად გარჩეულია გრამატიკული კლასების მხოლოდ ორი კატეგორია: ადამიანისა (ორივე სქესის) და ნივთის გრამატიკული კატეგორიები ([2], გვ. 86)

ცნობილია აგრეთვე, რომ იმ იბერიულ-კავკასიური ენებისათვის, რომელთათვისაც ამჟამად უცხოა გრამატიკული კატეგორიის გარჩევა, თავის დროზე დამახასიათებელი ყოფილა ეს კატეგორია. ასეთი ენებია ქართველური ენები, ადიღური ენები, უბიხური, ლეზგიური, აღულური და უდური ენები. გრამა-

[1 მოხსენდა საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ენათმეცნიერების ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს ღია სხდომას XII.1951.

ტიკული კლასების კატეგორია ამ ენებში მოშლილი აღმოჩნდა ([3]), გვ. 373). უნდა ვივარაუდოთ, რომ ეს ენებიც გრამატიკული კლასების გარჩევის დროს არჩევდნენ აგრეთვე მამაკაცისა და ქალის კატეგორიებს. ვფიქრობთ, რომ გრამატიკული კლასების აფიქსები ვერ გარდაიქმნებოდნენ პირის აღმნიშვნელად, თუ ადამიანის კატეგორიაში არ იქნებოდა გარჩეული კატეგორიები—მამაკაცისა და ქალის კატეგორიები, რამდენადაც ზმნის პირველი და მეორე პირი შეიძლება იყოს მხოლოდ ადამიანი: ლაპარაკობს ადამიანი და ელაპარაკებიან მხოლოდ ადამიანს. ნივთის კატეგორიის ნიშნის გამოყენება პირის ნიშნად შეიძლება მხოლოდ მესამე პირის ფუნქციით.

ზემოხსენებული დებულების დასადასტურებლად საჭირო იქნება ისეთი ენების მასალის განხილვა, რომლებიც იმყოფებიან კლასიანი უღვლილებიდან პირიან უღვლილებაში გარდამავალ მდგომარეობაში. ამ მხრივ საყურადღებოა აფხაზური ენის მონაცემები. მეორე მხრივ ამ საკითხის გასარკვევად საინტერესოა ლაკური ენის თავისებურებები.

ლაკური ენა, როგორც ცნობილია, არჩევს ქალის კატეგორიაში ქვეკატეგორიებს: გათხოვილი ქალი გადმოიცემა **დ** აფიქსით — **დ**ური „ის (გათხოვილი ქალი) არის", ხოლო ქალიშვილის კატეგორია აღინიშნება **ბ** აფიქსით — **ბ**ური „ის (ქალიშვილი) არის" ([4], გვ. 10; [5], გვ. 172).

უნდა ვივარაუდოთ, რომ ლაკურის მსგავსი ვითარება შეიძლება ყოფილიყო ამოსავალი რიგი იმ ენისათვის, სადაც ამჟამად ჩამოყალიბებული ჩანს პირიანი უღვლილება კლასიანი უღვლილების საფუძველზე. ამ მხრივ საინტერესოა აფხაზურის მონაცემები.

აფხაზურში პირიანი უღვლილება ჩამოყალიბებულა კლასიანი უღვლილების საფუძველზე. აფხაზურმა ენამ ამავე დროს შემოინახა კლასიანი უღვლილებაც: **ს**ჷყოუპ „მე ვარ", **უ̂**ჷყოუპ „შენ (მამაკ.) ხარ", **ბ**ჷყოუპ „შენ (ქალი) ხარ", **დ**ჷყოუპ „ის (ადამ.) არის," **ი**ყოუპ „ის (ნივთი) არის". როგორც ჩანს, აფხაზურში კლასები გარჩეულია მეორე და მესამე პირებში: მეორე პირში მამაკაცისა (**უ̂**) და ქალის (**ბ**) კლასები („სქესები"), ხოლო მესამე პირში — ადამიანისა (**დ**) და ნივთის (**ი**) კლასები.

მეორე პირის მამაკაცის კატეგორიის **ვ** აფიქსი გენეტურად უკავშირდება საერთო იბერიულ-კავკასიურ ენათა ადამიანის კატეგორიის **ვ** აფიქსს. შდრ. ხუნძური **ვ**უგო „მე, შენ, ის (მამაკ.) ვარ (ხარ, არის)". ქართველურ ენებში ეგევე აფიქსი იქცა პირველი პირის ნიშნად: ქართ. **ვ**არ, ზან. **ვ**ორექ ‖ **ვ**ორერ, სვან. **ხ**ვარი „ვარ" [6].

მეორე პირის ქალის კატეგორიის **ბ** აფიქსი აფხაზურში უნდა ყოფილიყო ქალის კატეგორიის საერთო ნიშანი. აფხაზური **ბ**ჷყოუპ პირების დიფერენციაციამდე აღნიშნავდა როგორც „შენ (ქალი) ხარ", ისე „მე (ქალი) ვარ" და „ის (ქალი) არის". **ბ** აფიქსი აფხაზურ-ადიღურ ენებში ქალის გრამატიკული კატეგორიის აღმნიშვნელი უნდა ყოფილიყო, შდრ. ადიღ. ფ-ხჷჷ ← *ბხჷჷ „ქა-

ლიშვილი“: ხ̣ıɣ ,,მამაკაცი‘‘ (რთულ სიტყვაში: ხ̣ıɣ-ლʻჶɣლǎ „მამაკაცი‘‘, სიტყვა-სიტყვით— მამაკაცი-დაბადებული, შდრ. ქართ. ვაჟი-შვილი).

ბ კლასნიშანი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ლაკურ ენაში იხმარება ქ ა ლ ი შ ვ ი ლ ი ს გამოსახატავად.

თავისებურია აფხაზურში გრამატიკული კლასების გარჩევა მესამე პირში. ადამიანის კატეგორია აქ გამოიხატება **დ** აფიქსით — დɣყოუპ „ის (მამაკ.) არის‘‘, რაც მეტად მოულოდნელი ჩანს, რამდენადაც **დ** აფიქსი სხვა იბერიულ-კავკასიურ ენებში ნივთთა გრამატიკული კლასის ნიშანია, მაგალითად, ქისტურში **დ** ნივთის კატეგორიას (V გრამატ. კლასს) აღნიშნავს ([7], გვ. 70). **დ** ნივთის კატეგორიის ნიშანი იყო ქართველურ ენებშიც, ქართ. **დ**ათვი, ჭან. **დ**იმჭკუ „ჭიანჭველა“ ([8], გვ. 88, 114). ნივთის კატეგორიის აღმნიშვნელი იყო **დ** ადიღურ ენებშიც: ყაბ. **დ**ამǎ ,,მხარი‘‘, **დ**ɣ̈ʻɣნ ,,ვერცხლი‘‘ და სხვ. ([9], გვ. 63).

აფხაზურის დასახელებული **დ** აფიქსი სპეციალურ ლიტერატურაში მიჩნეულია იბერიულ-კავკასიური ენების ნივთთა კატეგორიის ნიშნად ([10], გვ. 259).

მართლაც, აფხაზური ზმნის მესამე პირის ადამიანის კატეგორიის **დ** აფიქსი უნდა უკავშირდებოდეს საერთო იბერიულ-კავკასიურ ენათა ნივთთა კატეგორიის **დ** აფიქსს, მიუხედავად იმისა, რომ მათ შორის ფუნქციის მხრივ დიდი განსხვავებაა. **დ** სხვა იბერიულ-კავკასიურ ენებში ნივთთა კატეგორიის ნიშანია, ხოლო აფხაზურში იგი ადამიანს გამოხატავს.

ჩვენი აზრით, აფხაზურში **დ** აფიქსის ფუნქციის შეცვლა უნდა აიხსნებოდეს შემდეგი გარემოებით: წარმოშობით ნივთთა კატეგორიის ნიშანი **დ** აფხაზურში ერთ დროს ქალის კატეგორიის გამომხატველი უნდა ყოფილიყო, შდრ. **დ** გათხოვილი ქალის გამომხატველი ლაკურ ენაში, ასევე **დ** ქალის კატეგორიის ნიშანი დარგუულის კილოებში ([11], გვ. 45). პ ი რ ი ა ნ ი უ ღ ვ ლ ი ლ ე ბ ი ს თ ა ნ დ ა თ ა ნ ო ბ ი თ ი ჩ ა მ ო ყ ა ლ ი ბ ე ბ ი ს ა და გ ა ნ ვ ი თ ა რ ე ბ ი ს ს ა ფ უ ძ ვ ე ლ ზ ე კ ლ ა ს ი ა ნ ი უ ღ ვ ლ ი ლ ე ბ ი ს თ ა ნ დ ა თ ა ნ ო ბ ი თ ი გ ა მ ა რ ტ ი ვ ე ბ ი ს პ რ ო ც ე ს შ ი **დ** ქალის კატეგორიის ნიშანი უნდა განზოგადებულიყო საერთოდ ადამიანის კატეგორიის გამოსახატავად. ასე რომ, ნივთთა კატეგორიის ნიშანი **დ** აფხაზურში გამხდარა საერთოდ ადამიანის კატეგორიის ნიშნად ქალის კატეგორიის გაშუალებით.

მაშასადამე, აფხაზურ ენაში, ლაკური ენის მსგავსად, ქალის კატეგორია ორი აფიქსით უნდა ყოფილიყო გამოხატული: **ბ** აფიქსითა და **დ** აფიქსით. აფხაზურში დɣყოუპ „ის (ადამ.) არის“ ზმნა ოდენკლასიანი უღვლილების დროს აღნიშნავდა როგორც მესამე „პირს“, ისე მეორე და პირველ „პირებს“—ქალის კატეგორიისა:

I პ. *დɣყოუპ „მე (ქალი) ვარ“
II პ. *დɣყოუპ „შენ (ქალი) ხარ“
III პ. *დɣყოუპ „ის (ქალი) არის“.

ერთდროულად დ-ს უთუოდ ჰქონდა თავისი უძველესი ფუნქცია—ნივთის კლასის გამოხატვა: *დɣყოუპ „ის (ნივთი) არის“.

იგივე ითქმის ბ კლასნიშნის შესახებ:

I პ. *ბჟყოუპ „მე (ქალი) ვარ“
II პ. *ბჟყოუპ „შენ (ქალი) ხარ“
III პ. *ბჟყოუპ „ის (ქალი) არის“.

ამ მოსაზრებას ადასტურებს ადიღური ენების მონაცემიც: ადიღურ ენებში იგივე დ აფიქსი აღნიშნავს ზმნის მრავლობითი რიცხვის პირველი პირის აფიქსს: ყაბ. დჳკიას. „ჩვენ წავედით“ ([9], გვ. 66). ნივთთა კატეგორიის ნიშანს დ-ს შეეძლო პირველი პირის გამოხატვა, რამდენადაც იგი ერთ დროს იქნებოდა აგრეთვე ადამიანის კატეგორიის, კერძოდ ქალის კატეგორიის გამომხატველი. ნივთთა გრამატიკული კლასის ნიშნით ადამიანის კატეგორიის გამოხატვის შემთხვევები დასტურდება სხვა იბერიულ-კავკასიურ ენებშიც: ამ მხრივ საყურადღებოა ტაბასარანულისა და წახურული ენების მონაცემები.

ტაბასარანული ენა არჩევს ორ გრამატიკულ კლასს: ადამიანის კატეგორიას რ აფიქსით, ხოლო ნივთის კატეგორიას ბ ⟵ ვ აფიქსით ([2], გვ. 86). ტაბასარანული ენის ეს ვითარება ძველი ვითარების უფრო გამარტივებულ სახეობად არის ცნობილი ([12], გვ. 93). უნდა ვიფიქროთ, რომ რ აფიქსი ტაბასარანულში, წარმოშობით როგორც ნივთთა კლასის ნიშანი, ერთ დროს ქალის კატეგორიის აღმნიშვნელი შეიძლება ყოფილიყო (შდრ. დარგუულის რ აფიქსი—ქალის კატეგორიის აღმნიშვნელი, [11], გვ. 43) და პირველი გრამატიკული კატეგორიის ვ ნიშნის დაკარგვის გამო უნდა ქცეულიყო ადამიანის კატეგორიის საერთო ნიშნად.

ასეთივე ვითარება შეიმჩნევა წახურულშიც. წახურულში მამაკაცის კატეგორიის აღმნიშვნელია რ და დ აფიქსები. ეგევე აფიქსები გამოხატავენ ქალის კატეგორიასაც ([13], გვ. 61, [14]). წახურულშიც პირველი გრამატიკული კატეგორიის სავარაუდო ვ ნიშნის მოშლის გამო უნდა განზოგადებულიყო ქალის კატეგორიის აღმნიშვნელი რ და დ აფიქსები, resp. ნივთთა გრამატიკული კლასის აფიქსები.

წახურულში II გრამატიკული კლასის რამდენიმე აფიქსით აღნიშვნა (რ, დ, ი) იმის მაუწყებელი უნდა იყოს, რომ ამ ენაშიც თავის დროზე ადგილი ჰქონდა ლაკურის მსგავს ვითარებას, ქალის კატეგორიის ქვეკატეგორიებით გამოხატვას.

ამრიგად, აფხაზური ზმნის მესამე პირის ადამიანის კლასის დ აფიქსის წარმომავლობის საკითხს კარგად არკვევენ დაღესტნის ენები (ლაკური, წახური, ტაბასარანული): აფხაზურში დ ნივთთა კლასის აფიქსი, როგორც ქალის კატეგორიის გამომხატველი, ქცეულა ადამიანის კლასის გამომხატველად.

როგორი ვითარებაა ამ მხრივ ქართველურ ენებში. ქართველურ ენებში პირის აფიქსების მეტი წილი, როგორც ცნობილია, მომდინარეობს გრამატიკული კლას-კატეგორიის ნიშნებისაგან. პირველი სუბიექტური პირის ვ ნიშანი იმავე ადამიანის კლასის ვ ნიშნისაგან მომდინარეობს. პირველი ობიექტური პირის მ ნიშანიც იმავე ვ აფიქსის ფონეტიკურ ვარიანტად არის ცნობილი ([15], გვ. 450). ასე რომ, საერთო წარმოშობის იბერიულ-კავკასიური

ენების ადამიანის კლასის ვ ნიშანი ქართველურ ენებში პირველი პირის აფიქსად ქცეულა, ხოლო იგივე აფიქსი აფხაზურსა და ადიღურ ენებში მეორე პირის აფიქსად. ორივე ეს ფაქტი ბუნებრივი ჩანს: ვ-ს, როგორც ადამიანის კლასის გამომხატველს, შეეძლო როგორც პირველი პირის, ისე მეორე პირის ნიშნად ქცეულიყო.

მეორე სუბიექტური პირისა და მესამე ობიექტური პირის აფიქსებად ძველიდანვე ერთი და იგივე ჰ || ხ || ს აფიქსია წარმოდგენილი ([16], გვ. 43), ეს კი მაუწყებელია იმისა, რომ ჰ || ხ || ს პრეფიქსი თავიდანვე პირს არ გამოხატავდა. იგი გრამატიკული კლასის აფიქსი უნდა ყოფილიყო ([6], გვ. 11). ს აფიქსი ცნობილია ნივთთა კლასის ნიშნად, შეშა←*ხეშა, შაშვი←*საშვი ([10], გვ. 170). ვფიქრობთ, რომ ს-აფიქსი მეორე პირის გამომხატველად გახდებოდა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ კი ის იქნებოდა ადამიანის კლასის გამომხატველი. ს აფიქსს, როგორც ნივთთა კლასის აფიქსს, შეეძლო გამოეხატა ქალის კატეგორია („სქესი"). მართლაც, არის შესაძლებლობა ვივარაუდოთ, რომ ს ქართველურ ენებში განვითარების განსაზღვრულ საფეხურზე გამოხატავდა მეორე გრამატიკულ კატეგორიას (ქალის კატეგორიას), შდრ. ძვ. ქართ. ს-ძალ-ი, ჭან. ოხორ-ჯა „ცოლი" ([8], გვ. 32).

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 30.7.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ი. სტალინი. მარქსიზმი და ენათმეცნიერების საკითხები, თბილისი, 1951.
2. Л. И. Жирков. Табасаранский язык. Москва, 1948.
3. არნ. ჩიქობავა. მეორე გრამატიკული კლასის („მდედრობითი სქესის") გენეზისისათვის მთის კავკასიურ ენებში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. III, № 4, 1942.
4. П. Услар. Лакский язык. Тифлис, 1890.
5. ვ. თოფურია. გრამატიკული კლასები და მათი ექსპონენტები ლაკურ ენაში. ენიმკის მოამბე, ტ. XII, 1942.
6. არნ. ჩიქობავა. გრამატიკული კლას-კატეგორია და ზმნის უღვლილების ზოგი საკითხი ძველ ქართულში. საზოგადოებრივ მეცნ. განყოფილების XIX სამეცნ. სესიის თეზისები 1945.
7. П. Услар. Чеченский язык. Тифлис, 1888.
8. არნ. ჩიქობავა. ჭანურ-მეგრულ-ქართული შედარებითი ლექსიკონი. თბილისი, 1938.
9. გ. როგავა. გრამატიკულ კლასთა ექსპონენტების გადმონაშთებისათვის ადიღეურ ენებში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 1, 1950.
10. არნ. ჩიქობავა. სახელის ფუძის უძველესი აგებულება ქართველურ ენებში, თბილისი, 1942.
11. П. Услар. Хюркилинский язык. Тифлис, 1892.
12. А. Дирр. О классах (родах) в кавказских языках. СМОМПК-а, изд. XXXVII, 1907.
13. А. Дирр. Цахурский язык. Тифлис, 1913.

14. ე. ჯეირანაშვილი. გრამატიკული კლასები წახურულ ენაში. სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამეცნიერო სესიის თეზისები, 1952.
15. არნ. ჩიქობავა. გრამატიკულ კლას-კატეგორიათა ნიშნების ეტიმოლოგიისათვის ქართველურ ენებში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. V, № 4, 1944.
16. ა. შანიძე. სუბიექტური პრეფიქსი მეორე პირისა და ობიექტური პრეფიქსი მესამე პირისა ქართულ ზმნებში. თბილისი, 1920.

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 20.9.1953 საბეჭდი ფ. 5,5
ანაწყობის ზომა 7×11 სააღრ.-საგამომცემლო ფორმათა რაოდ. 4,5
შეკვ. 1298 უე 13061 ტირაჟი 1000