საქართველოს სსრ

# მეცნიერებათა აკადემიის

# მოამბე

ტომი XV, № 9

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1954

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

# შინაარსი

## მათემატიკა



## დრეკადობის თეორია



## ფიზიკა



## ქიმია



## გეოგრაფია



## ენტომოლოგია



## ექსპერიმენტ. მედიცინა



## ფსიქოლოგია



## ლიტერატურის ისტორია



## ფილოლოგია

მათემატიკა

ა. ჯვარშეიშვილი

# ა. ზიგმუნდის ერთი უტოლობა ორი ცვლადის ფუნქციისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 23.4.1954)



ვთქვათ, $f(x)$ ფუნქცია განსაზღვრულია $x$ ცვლადის ყოველი მნიშვნელობისათვის და პერიოდულია $2\pi$ პერიოდით, ამას გარდა, ჯამებადია $(0,2\pi)$ შუალედზე.

აღვნიშნოთ

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

$f(x)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი. მაშინ მწკრივს

$$\sum_{n=1}^{\infty}(a_n\sin nx-b_n\cos nx) \tag{2}$$

უწოდებენ (1)-ის შეუღლებულ მწკრივს, რომელიც გარკვეულ პირობებში არის

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

ფუნქციის ფურიეს მწკრივი. აღვნიშნოთ $\omega(f,\delta)$ და $\omega(g,\delta)$ სათანადოდ $f(x)$ და $g(x)$ ფუნქციების უწყვეტობის მოდული. უწყვეტი ფუნქციის შემთხვევაში ა. ზიგმუნდის მიერ [1] დამტკიცებულია შემდეგი უტოლობა

$$\omega(g,\delta)\leqq K\left[\int_0^{\delta}\frac{\omega(f,t)}{t}\,dt+\delta\int_{\delta}^{\pi}\frac{\omega(f,t)}{t^2}\,dt\right],$$

სადაც მუდმივი $K$, $\delta$-საგან დამოუკიდებელია. აქედან ადვილად გამომდინარეობს ი. ი. პრივალოვის ცნობილი თეორემა შეუღლებული ფუნქციების შესახებ.

ვთქვათ

$$\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\lambda_{m,n}\,(a_{m,n}\cos mx\cos ny+b_{m,n}\sin mx\cos ny$$
$$+c_{m,n}\cos mx\sin ny+d_{m,n}\sin mx\sin ny) \tag{3}$$

არის ჯამებადი $f(x, y)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი, რომელიც $2\pi$ პერიოდის პერიოდული ფუნქციაა ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ. (3) მწკრივის $x$ და $y$ ცვლადის მიმართ შეუღლებული მწკრივი არის

$$\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\lambda_{m,n}(d_{m,n}\cos mx\cos ny-c_{m,n}\sin mx\cos ny$$
$$-b_{m,n}\cos mx\sin ny+a_{m,n}\sin mx\sin ny) \tag{4}$$

$$\lambda_{m,n}=1,\ \lambda_{m,0}=\lambda_{0,n}=\frac{1}{2},\ m\geqq 1,\ n\geqq 1,\ \lambda_{0,0}=\frac{1}{4}.$$

შევნიშნოთ, რომ (4) მწკრივთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული ფუნქცია

$$g(x, y)=\frac{1}{4\pi^2}\int_{-\pi}^{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\frac{f(x+t, y+\tau)}{tg\dfrac{t}{2}\cdot tg\dfrac{\tau}{2}}\,dtd\tau, \tag{5}$$

რომელსაც $f(x, y)$ ფუნქციის შეუღლებულ $x$ და $y$ ცვლადის მიმართ ფუნქციას უწოდებენ.

განვსაზღვროთ ორი ცვლადის $F(x,y)$ ფუნქციის უწყვეტობის მოდული შემდეგი გზით

$$\omega(F, \delta, \eta)=\sup_{\substack{|x_1-x_2|\leqq\delta\\ |y_1-y_2|\leqq\eta}}\{|F(x_1, y_1)-F(x_1, y_2)-F(x_2, y_1)+F(x_2, y_2)|\}$$

ი. ჟაკის მიხედვით [2], გამოთვლების გასამარტივებლად შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\underset{x}{\Delta}_{x_2-x_1}\underset{y}{\Delta}_{y_2-y_1}f(x_1, y_1)=f(x_1, y_1)-f(x_1, y_2)-f(x_2, y_1)+f(x_2, y_2).$$

დავამტკიცოთ ა. ზიგმუნდის ზემოაღნიშნული თეორემა ორი ცვლადის ფუნქციისათვის.

თეორემა. ვ თ ქ ვ ა თ, $f(x, y)$ უ წ ყ ვ ე ტ ი ა $[0, 2\pi;\ 0, 2\pi]=R_0$ ი ნ ტ ე რ ვ ა ლ ზ ე დ ა $2\pi$ პ ე რ ი ო დ ი ს პ ე რ ი ო დ უ ლ ი ფ უ ნ ქ ც ი ა ა ც ა ლ-ც ა ლ კ ე ც ვ ლ ა დ ე ბ ი ს მ ი მ ა რ თ. მ ა შ ი ნ მ ა რ თ ე ბ უ ლ ი ა შ ე მ დ ე გ ი უ ტ ო ლ ო ბ ა:

$$|g(x+h, y+\eta)-g(x, y+\eta)-g(x+h, y)+g(x, y)|$$
$$\leqq K\left[\int_0^h\int_0^\eta\frac{\omega(f, t, \tau)}{t\cdot\tau}\,dtd\tau+\eta\int_0^h\int_\eta^\pi\frac{\omega(f, t, \tau)}{t\cdot\tau^2}\,dtd\tau\right.$$
$$\left.+h\int_0^\eta\int_h^\pi\frac{\omega(f, t, \tau)}{\tau t^2}\,dtd\tau+h\cdot\eta\int_h^\pi\int_\eta^\pi\frac{\omega(f, t, \tau)}{t^2\cdot\tau^2}\,dtd\tau\right].$$

დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ ა. ადვილი შესამჩნევია, რომ (5) ფუნქცია შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$g(x,y)=\frac{1}{4\pi^2}\int_{-\pi}^{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\frac{\underset{x}{\Delta_s}\underset{y}{\Delta_t} f(x,y)}{\operatorname{tg}\frac{t}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{s}{2}}\,dsdt.$$

ვინაიდან $f(x,y)$ არის ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ $2\pi$-პერიოდის პერიოდული ფუნქცია, ამიტომ ინტეგრალის ნიშნის ქვეშ ცვლადის გარდაქმნის ფორმულის გამოყენების შედეგად მივიღებთ:

$$g(x+h,y)=\frac{1}{4\pi^2}\int_{-\pi}^{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\underset{x}{\Delta_{s-h}}\underset{y}{\Delta_t} f(x+h,y)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\,dsdt,$$

$$g(x,y+\eta)=\frac{1}{4\pi^2}\int_{-\pi}^{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\underset{x}{\Delta_{s}}\underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x,y+\eta)\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\,dsdt,$$

$$g(x+h,y+\eta)=\frac{1}{4\pi^2}\int_{-\pi}^{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\underset{x}{\Delta_{s-h}}\underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,y+\eta)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\,dsdt.$$

ახლა გამოვიკვლიოთ თითოეული ინტეგრალი ცალ-ცალკე.

ვთქვათ, $r=[-2h,\ 2h;\ -2\eta,\ 2\eta]$ და განვიხილოთ ინტეგრალი:

$$\int_{-2h}^{2h}\int_{-2\eta}^{2\eta}\underset{x}{\Delta_{s-h}}\underset{y}{\Delta_t} f(x+h,y)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\,dsdt$$

$$=\int_{-2h}^{2h}\int_{-2\eta}^{0}\underset{x}{\Delta_{s-h}}\underset{y}{\Delta_t} f(x+h,y)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\,dsdt$$

$$+\int_{-2h}^{2h}\int_{0}^{2\eta}\underset{x}{\Delta_{s-h}}\underset{y}{\Delta_t} f(x+h,y)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\,dsdt=J_1+J_2.$$

$$|J_1|\leqq\left|\int_{-2h}^{h}\int_{-2\eta}^{0}\underset{x}{\Delta_{s-h}}\underset{y}{\Delta_t} f(x+h,y)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\,dsdt\right|$$

$$+\left|\int_{h}^{2h}\int_{-2\eta}^{0}\underset{x}{\Delta_{s-h}}\underset{y}{\Delta_t} f(x+h,y)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\,dsdt\right|.$$

თუ მოვახდენთ ცვლადის გარდაქმნას $s-h=u$, $t=-t$ მივიღებთ:

$$|J_1| \leqq \int_0^{3h}\int_0^{2\eta} \frac{\omega(f, u, t)}{u\cdot t}\, dudt + \int_0^{h}\int_0^{2\eta} \frac{\omega(f, u, t)}{u\cdot t}\, dudt$$

$$< C_1 \int_0^{h}\int_0^{\eta} \frac{\omega(f, s, t)}{s\cdot t}\, dsdt,$$

სადაც $C_1, C_2, \ldots, C_k, \ldots$ ჩვენ აღვნიშნავთ დადებით რიცხვებს. ანალოგიურად მივიღებთ:

$$|J_2| < C_2 \int_0^{h}\int_0^{\eta} \frac{\omega(f, s, t)}{s\cdot t}\, dsdt.$$

ამგვარად მივიღებთ უტოლობას

$$\left| \int_{-2h}^{2h}\int_{-2\eta}^{2\eta} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_t} f(x+h, y) \operatorname{ctg}\frac{s-h}{2} \operatorname{ctg}\frac{t}{2}\, dsdt \right|$$

$$< C_3 \int_0^{h}\int_0^{\eta} \frac{\omega(f, s, t)}{s\cdot t}\, dsdt. \tag{6}$$

იმავე ხერხით შეიძლება დავადგინოთ შემდეგი უტოლობა

$$\left| \int_{-2h}^{2h}\int_{-2\eta}^{2\eta} \underset{x}{\Delta_{s}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x, y+\eta) \operatorname{ctg}\frac{s}{2} \operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\, dsdt \right|$$

$$< C_4 \int_0^{h}\int_0^{\eta} \frac{\omega(f, s, t)}{s\cdot t}\, dsdt. \tag{7}$$

ახლა განვიხილოთ შემდეგი გამოსახულება:

$$\int_{-2h}^{2h}\int_{-2\eta}^{2\eta} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h, y+\eta) \operatorname{ctg}\frac{s-h}{2} \operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\, dsdt$$

$$= \left( \int_{-2h}^{h}\int_{-2\eta}^{\eta} + \int_{-2h}^{h}\int_{\eta}^{2\eta} + \int_{h}^{2h}\int_{-2\eta}^{\eta} + \int_{h}^{2h}\int_{\eta}^{2\eta} \right)$$

$$\times \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h, y+\eta) \operatorname{ctg}\frac{s-h}{2} \operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\, dsdt = J_1 + J_2 + J_3 + J_4.$$

მოვახდინოთ ცვლადის გარდაქმნა $s-h=u$, $t-\eta=v$. გვექნება

$$J_1 = \int_{-3h}^{0}\int_{-3\eta}^{0} \underset{x}{\Delta_u} \underset{y}{\Delta_v} f(x+h, y+\eta) \operatorname{ctg}\frac{u}{2} \operatorname{cfg}\frac{v}{2}\, dudv.$$

აქედან ვღებულობთ:

$$|J_1| < C_5 \int_0^h \int_0^\eta \frac{\omega(f, s, t)}{s \cdot t}\, dsdt$$

ანალოგიურად შეფასდება დანარჩენი წევრები. საბოლოოდ გვაქვს

$$\left| \int_{-2h}^{2h} \int_{-2\eta}^{2\eta} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h, y+\eta) \operatorname{ctg} \frac{s-h}{2} \operatorname{ctg} \frac{t-\eta}{2}\, dsdt \right|$$

$$< C_6 \int_0^h \int_0^\eta \frac{\omega(f, s, t)}{s \cdot t}\, dsdt. \tag{8}$$

ვთქვათ, $R=[-\pi, \pi; -\pi, \pi]-r$ და განვიხილოთ შემდეგი გამოსახულება

$$\begin{aligned} \iint_R \Big[ & \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h, y+\eta) \operatorname{ctg} \frac{s-h}{2} \operatorname{ctg} \frac{t-\eta}{2} \\ & - \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x, y+\eta) \operatorname{ctg} \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{t-\eta}{2} \\ & - \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t}} f(x+h, y) \operatorname{ctg} \frac{s-h}{2} \operatorname{ctg} \frac{t}{2} \\ & + \underset{x}{\Delta_{s}} \underset{y}{\Delta_{t}} f(x, y) \operatorname{ctg} \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{t}{2} \Big] dsdt, \end{aligned}$$

რომელიც $I(h, \eta)$-თი აღვნიშნოთ.

შემოვიღოთ აღნიშვნა: $R_1=[2h, \pi; 2\eta, \pi]$; $R_2=[-2h, 2h; 2\eta, \pi]$; $R_3=[2h, \pi; -2\eta, 2\eta]$. ი. ჟაკის [2] მიხედვით $I(h, \eta)$ გამოსახულება შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} I(h, \eta) = & \iint_{R_1} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h, y+\eta) \left( \operatorname{ctg} \frac{s-h}{2} - \operatorname{ctg} \frac{s}{2} \right) \\ & \times \left( \operatorname{ctg} \frac{t-\eta}{2} - \operatorname{ctg} \frac{t}{2} \right) dsd \\ + & \iint_{R_1} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t+\eta}} f(x+h, y-t) \left( \operatorname{ctg} \frac{s-h}{2} - \operatorname{ctg} \frac{s}{2} \right) \\ & \times \left( \operatorname{ctg} \frac{t+\eta}{2} - \operatorname{ctg} \frac{t}{2} \right) dsdt \\ + & \iint_{R_1} \underset{x}{\Delta_{s+h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x-s, y-\eta) \left( \operatorname{ctg} \frac{s+h}{2} - \operatorname{ctg} \frac{s}{2} \right) \\ & \times \left( \operatorname{ctg} \frac{t-\eta}{2} - \operatorname{ctg} \frac{t}{2} \right) dsdt \end{aligned}$$

$$+\iint\limits_{R_1} \underset{x}{\Delta_{s+h}} \underset{y}{\Delta_{t+\eta}} f(x-s,\, y-t) \left(\operatorname{ctg}\frac{s+h}{2}-\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\right)$$

$$\times\left(\operatorname{ctg}\frac{t+\eta}{2}-\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\right) dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_2} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\, y+\eta)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}-\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\right) dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_2} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{-t-\eta}} f(x+h,y+\eta)\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{t}{2}-\operatorname{ctg}\frac{t+\eta}{2}\right) dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_2} \underset{x}{\Delta_{s}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x,\, y+\eta)\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{t}{2}-\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\right) dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_2} \underset{x}{\Delta_{s}} \underset{y}{\Delta_{-t-\eta}} f(x,\, y+\eta)\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{t+\eta}{2}-\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\right) dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_3} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\, y+\eta)\left(\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}-\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\right)\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\, dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_3} \underset{x}{\Delta_{-s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\, y+\eta)\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{s}{2}-\operatorname{ctg}\frac{s+h}{2}\right) dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_3} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t}} f(x+h,\, y)\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}-\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\right) dsdt$$

$$+\iint\limits_{R_3} \underset{x}{\Delta_{-s-h}} \underset{y}{\Delta_{t}} f(x+h,\, y)\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{s}{2}-\operatorname{ctg}\frac{s+h}{2}\right) dsdt$$

$$=\sum_{i=1}^{12} I_i(h,\eta).$$

შევაფასოთ თითოეული შესაკრები ცალ-ცალკე.

$$I_1(h,\eta)=\int\limits_{2h}^{\pi}\int\limits_{2\eta}^{\pi} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,y+\eta)\left(\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}-\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\right)$$

$$\times\left(\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}-\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\right) dsdt$$

$$=\int\limits_{2h}^{\pi}\int\limits_{2\eta}^{\pi} \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\, y+\eta)\,\frac{\sin\frac{h}{2}}{\sin\frac{s-h}{2}\sin\frac{s}{2}}\;\frac{\sin\frac{\eta}{2}}{\sin\frac{s-h}{2}\sin\frac{t}{2}}\, dsdt.$$

აქედან გამომდინარეობს უტოლობა

$$|I_1(h,\eta)| \leqq C_7\, h\cdot\eta \int\limits_{2h}^{\pi}\int\limits_{2\eta}^{\pi} \frac{\omega(f,\,|s-h|,\,|t-\eta|)}{|s-h|\cdot s\;|t-\eta|\,t}\,dsdt$$

$$\leqq C_7\, h\cdot\eta \int\limits_{h}^{\pi}\int\limits_{\eta}^{\pi} \frac{\omega(f,\,s,\,t)}{t^2\cdot t^2}\,dsdt. \tag{9}$$

$$|I_2(h,\eta)| < C_8\, h\cdot\eta \int\limits_{2h}^{\pi}\int\limits_{2\eta}^{\pi} \frac{\omega(f,\,|s-h|,\,|t+\eta|)}{|s-h|^2\cdot t^2}\,dsdt$$

$$\leqq 2\,C_8\, h\cdot\eta \int\limits_{h}^{\pi}\int\limits_{\eta}^{\pi} \frac{\omega(f,\,s,\,t)}{s^2 t^2}\,dsdt. \tag{10}$$

სრულიად ანალოგიურ შეფასებებს ვღებულობთ $I_3(h,\eta)$ და $I_4(h,\eta)$ ინტეგრალების გამოთვლის დროს.

$$|I_5(h,\eta)| = \Bigg|\int\limits_{-2h}^{2h}\int\limits_{2\eta}^{\pi} \underset{x}{\Delta_{s-h}}\,\underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\,y+\eta)\,\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\right.$$

$$\left.-\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\right)dsdt\,\Bigg| \leqq \Bigg(\Bigg|\int\limits_{-2h}^{h}\int\limits_{2\eta}^{\pi}\Bigg| + \Bigg|\int\limits_{h}^{2h}\int\limits_{2\eta}^{\pi}\Bigg|\Bigg)$$

$$\times\,\underset{x}{\Delta_{s-h}}\,\underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\,y+\eta)\,\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}-\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\right)dsdt$$

$$\leqq \eta C_9\left[\int\limits_{0}^{3h}\int\limits_{2\eta}^{\pi} \frac{\omega(f,\,u,\,|t-\eta|)}{u\,|t-\eta|^2}\,dudt + \int\limits_{0}^{h}\int\limits_{2\eta}^{\pi} \frac{\omega(f,\,u,\,|t-\eta|)}{u\cdot|t-\eta|^2}\,dudt\right]$$

$$\leqq 3\,C_9\,\eta \int\limits_{0}^{h}\int\limits_{\eta}^{\pi} \frac{\omega(f,\,s,\,t)}{s\cdot t^2}\,dsdt.$$

ასეთივე უტოლობებს ვღებულობთ $I_6(h,\eta)$, $I_7(h,\eta)$ და $I_8(h,\eta)$ ინტეგრალების შეფასების დროს

$$|I_9(h,\eta)| = \Bigg|\int\limits_{2h}^{\pi}\int\limits_{-2\eta}^{2\eta} \underset{x}{\Delta_{s-h}}\,\underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\,y+\eta)\,\operatorname{ctg}\frac{t-\eta}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{s-h}{2}\right.$$

$$\left.-\operatorname{ctg}\frac{s}{2}\right)dsdt\,\Bigg| \leqq \Bigg(\Bigg|\int\limits_{2h}^{\pi}\int\limits_{-2\eta}^{\eta}\Bigg| + \Bigg|\int\limits_{2h}^{\pi}\int\limits_{\eta}^{2\eta}\Bigg|\Bigg)$$

$$\times \underset{x}{\Delta_{s-h}} \underset{y}{\Delta_{t-\eta}} f(x+h,\, y+\eta) \operatorname{ctg} \frac{t-\eta}{2} \left( \operatorname{ctg} \frac{s-h}{2} - \operatorname{ctg} \frac{s}{2} \right) ds\,dt$$

$$\leqq C_{10} h \left[ \int_{2h}^{\pi} \int_{0}^{3\eta} \frac{\omega(f, |s-h|, v)}{|s-h|^2 \cdot v} \, dv\,ds + \int_{2h}^{\pi} \int_{0}^{\eta} \frac{\omega(f, |s-h|, v)}{v\,|s-h|^2} \, ds\,dv \right]$$

$$\leqq 3\, C_{10} h \int_{h}^{\pi} \int_{0}^{\eta} \frac{\omega(f, s, t)}{s^2 t} \, ds\,dt.$$

ასეთივე შეფასებას ვღებულობთ დანარჩენი ინტეგრალებისათვის.

ამგვარად, თუ გავითვალისწინებთ (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) და მათს ანალოგიურ უტოლობებს, სათანადო ინტეგრალებისათვის მივიღებთ:

$$|g(x+h,\, y+\eta) - g(x+h,\, y) - g(x,\, y+\eta) + g(x,\, y)|$$

$$\leqq K \left[ \int_{0}^{h} \int_{0}^{\eta} \frac{\omega(f, s, t)}{st} \, ds\,dt + h \int_{h}^{\pi} \int_{0}^{\eta} \frac{\omega(f, s, t)}{s^2 \cdot t} \, ds\,dt \right.$$

$$\left. + \eta \int_{0}^{h} \int_{\eta}^{\pi} \frac{\omega(f, s, t)}{s \cdot t^2} \, ds\,dt + h \cdot \eta \int_{h}^{\pi} \int_{\eta}^{\pi} \frac{\omega(f, s, t)}{s^2 \cdot t^2} \, ds\,dt \right].$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 23.4.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. A. Zygmund. Sur le module de continuité de la somme de la série conjuguée de la série de Fourier. Prace Matematyczno-Fizyczne, t. 33. 1923—1924.
2. И. Е. Жак. О сопряженных двойных тригонометрических рядах. Мат. сб., т. 31, № 3, 1952.

მათემატიკა

პ. ზერაგია

# პარაბოლური ტიპის დიფერენციალური განტოლების სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა პოტენციალთა მეთოდით

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 11.8.1954)

1. ვთქვათ, სამგანზომილებიან $R$ სივრცეში $T$ არის სასრული არე, რომელიც შემოსაზღვრულია ლიაპუნოვის ჩაკეტილი $S$ ზედაპირით.

განვიხილოთ დიფერენციალური განტოლება

$$L(u)\equiv\sum_{i,j=1}^{3}\frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{ij}(x)\,\frac{\partial u}{\partial x_j}\right)-\frac{\partial u}{\partial t}=0\ \ (a_{ij}=a_{ji}), \tag{1}$$

სადაც $x=(x_1,x_2,x_3)$ წერტილია $R$ სივრცეში, $a_{ij}(x)$ კოეფიციენტებს მთელ $R$ სივრცეში აქვთ შემოსაზღვრული პირველი და მეორე რიგის კერძო წარმოებულები, რომლებიც აკმაყოფილებენ ლიპშიცის პირობას $\gamma$ მაჩვენებლით, $0<\gamma\leqq 1$, და კვადრატული ფორმა $\sum\limits_{i,j=1}^{3} a_{ij}\xi_i\xi_j$ კი დადებითად განსაზღვრულია.

ამ შრომაში განიხილება შემდეგი სასაზღვრო ამოცანები:

I ამოცანა. ვიპოვოთ $T$ არეში (1) განტოლების ისეთი რეგულარული ამოხსნა, რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს

$$u(x,\ 0)=0 \qquad (x\in T), \tag{2}$$

$$u(\xi,t)=\varphi(\xi,t) \qquad (\xi\in S,\ t\geqq 0), \tag{3}$$

სადაც $\varphi(\xi,t)$ მოცემული უწყვეტი ფუნქციაა[1].

II ამოცანა. ვიპოვოთ $T$ არეში (1) განტოლების ისეთი რეგულარული ამოხსნა, რომელიც აკმაყოფილებს (2) პირობას და პირობას

$$\partial_\xi[u(\xi,t)]=\varphi(\xi,t) \quad (\xi\in S,\ t\geqq 0), \tag{3'}$$

სადაც

$$\partial_\xi=\sum_{i=1}^{3}\cos(n,\xi_i)\sum_{j=1}^{3}a_{ij}\frac{\partial}{\partial\xi_j},$$

$n$ გარე ნორმალია $S$-ზე $\xi$ წერტილში.

---

[1] ერთგვაროვანი (2) პირობის არჩევა, ცხადია, არ წარმოადგენს ზოგადობის შეზღუდვას, ვინაიდან არაერთგვაროვანი ამოცანა მარტივად დაიყვანება განხილულ შემთხვევაზე.

I ამოცანაზე დაიყვანება, მაგალითად, არაერთგვაროვან ანიზოტროპულ სხეულში სითბოს გატარების ამოცანა.

I და II ამოცანების ამოსახსნელად ჩვენ ვიყენებთ სითბური პოტენციალების მეთოდს, რომელიც მოგვცა ა. ნ. ტიხონოვმა [1] სითბოგამტარებლობის განტოლებისათვის.

უფრო მარტივი შემთხვევისათვის ანალოგიური სასაზღვრო ამოცანები გამოკვლეული იყო შრომებში [2, 3, 4, 5] და სხვ.

ჩვენ ვიყენებთ (1) განტოლების ფუნდამენტალურ ამოხსნას, რომელიც აგებული იყო F. Dressel-ის [6] მიერ (იხ. აგრეთვე [7, 8, 9]).

ვთქვათ, $\Delta = det \, \| a_{ij} \|$. აღვნიშნოთ $A_{ij}$-თ განაყოფი $a_{ij}$ ელემენტის ალგებრული დამატებისა $\Delta$-ზე და განვიხილოთ დადებითად განზღვრული კვადრატული ფორმა

$$\sigma(x, x-\xi) = \sum_{i,j=1}^{3} A_{ij}(x)(x_i - \xi_i)(x_j - \xi_j).$$

დავუშვათ

$$Z(x,t;\xi,\tau) = \begin{cases} \dfrac{e^{-\frac{\sigma(x,x-\xi)}{4(t-\tau)}}}{F(\xi)(t-\tau)^{3/2}} & (t > \tau), \\ 0 & (t \leqq \tau), \end{cases}$$

სადაც $F(\xi)$ გარკვეული უწყვეტად წარმოებადი ფუნქციაა (იხ. [6]).

თანახმად F. Dressel-ის [6] გამოკვლევისა, (1) განტოლების ფუნდამენტალურ ამოხსნას აქვს სახე

$$\Gamma(x,t;\xi,\tau) = Z(x,t;\xi,\tau) + \int_{\tau}^{t} \int_{R} Z(x,t;s,\eta) f(s,\eta;\xi,\tau) d\sigma_s \, d\eta,$$

სადაც $f$ განისაზღვრება განტოლებიდან

$$f(x,t;\xi,\tau) = L[Z(x,t;\xi,\tau)] + \int_{\tau}^{t} \int_{R} L[Z(x,t;s,\eta)] f(s,\eta;\xi,\tau) \, d\sigma_s d\eta$$

მიმდევრობითი მიახლოვების მეთოდით.

3. თუ $\psi(x)$ უწყვეტი და შემოსაზღვრული ფუნქციაა $R$-ში, მაშინ შეიძლება ვუჩვენოთ, რომ

$$\lim_{t \to \tau} \int_{T} \psi(\xi) \Gamma(x,t;\xi,\tau) \, d\sigma_\xi = p(x) \, \psi(x), \tag{4}$$

სადაც

$$p(x) = \begin{cases} 1 \quad , \text{ როცა } x \in T, \\ E(x), \text{ როცა } x \in S, \\ 0 \quad , \text{ როცა } x \in R - (T + S), \end{cases}$$

$$E(x)=\lim_{t\longrightarrow\tau}\int_T \Gamma(x,t;\;\xi,\tau)d\sigma_\xi\quad(x\in S),$$

ამას გარდა $0<E_0\leqq E(x)\leqq E_1<1$, ხოლო $E_0$ და $E_1$ გარკვეული დადებითი მუდმივებია.

შემდეგ, გვექნება

$$\int_0^t d\tau\int_S \eth_\xi\,[\Gamma(x,t;\xi,\tau)]\,dS_\xi=\int_T \Gamma(x,t;\xi,0)\,d\sigma_\xi-p(x). \tag{5}$$

4. განვიხილოთ შემდეგი ფუნქციები

$$U(x,t)=\int_0^t d\tau\int_S \mu(\xi,\tau)\eth_\xi\,[\Gamma(x,t;\;\xi,\tau)]dS_\xi\,,$$

$$V(x,t)=\int_0^t d\tau\int_S \nu(\xi,\tau)\,\Gamma(x,t;\;\xi,\tau)\,dS_\xi\,,$$

$$W(x,t)=\int_0^t d\tau\int_T \rho(\xi,\tau)\,\Gamma(x,t;\xi,\tau)\,d\sigma_\xi\,,$$

სადაც $\mu(x,t)$, $\nu(x,t)$ და $\rho(x,t)$ უწყვეტი ფუნქციებია.

$U(x,t)$, $V(x,t)$ და $W(x,t)$ ფუნქციები (1) განტოლებისათვის ასრულებენ განზოგადებული სითბური პოტენციალების როლს. ადვილი შესამოწმებელია, რომ $U(x,t)$ და $V(x,t)$ აკმაყოფილებენ (1) განტოლებას, თუ $x$ წერტილი არ ძევს $S$-ზე.

გარდა ამისა, (5) ფორმულის საშუალებით შეიძლება ვუჩვენოთ, რომ

$$U_i(\xi_0,t)=\lim_{x_i\to\xi_0}U(x_i,t)=[E(\xi_0)-1]\,\mu(\xi_0,t)+\int_0^t d\tau\int_S \mu(\xi,\tau)\,\eth_\xi\,[\Gamma(\xi_0,t;\xi,\tau)]dS_\xi\,,$$

$$U_e(\xi_0,t)=\lim_{x_e\to\xi_0}U(x_e,t)=E(\xi_0)\,\mu(\xi_0,t)+\int_0^t d\tau\int_S \mu(\xi,\tau)\eth_\xi\,[\Gamma(\xi_0,t;\xi,\tau)]\,dS_\xi\,, \tag{6}$$

$$\lim_{x_i\longrightarrow\xi_0}\eth_{x_i}[V(x_i,t)]=E(\xi_0)\,\nu(\xi_0,t)+\int_0^t d\tau\int_S \nu(\xi,\tau)\,\eth_{\xi_0}[\Gamma(\xi_0,t;\xi,\tau)]\,dS_\xi\,, \tag{7}$$

$$\lim_{x_e\longrightarrow\xi_0}\eth_{x_e}[V(x_e,t)]=[E(\xi_0)-1]\nu(\xi_0,t)+\int_0^t d\tau\int_S \nu(\xi,\tau)\,\eth_{\xi_0}[\Gamma(\xi_0,t;\xi,\tau)]\,dS_\xi\,,$$

სადაც $x_i\in T$, $x_e\in R-(T+S)$, $\xi_0\in S$.

ბოლოს, თუ $\rho(x,t)$ აკმაყოფილებს $x$-ს მიმართ ლიფშიცის პირობას გარკვეული მაჩვენებლით, მაშინ

$$L[W(x,t)] = \begin{cases} -\rho(x,t) & \text{როცა } x \in T, \\ 0 & \text{როცა } x \in R-(T+S). \end{cases}$$

5. ახლა ბუნებრივია I ამოცანის ამოხსნა ვეძებოთ შემდეგი სახით

$$u(x,t) = \int_0^t d\tau \int_S \mu(\xi,\tau)\, \delta_\xi\, [\Gamma(x,t;\ \xi,\tau)]\, dS_\xi\ . \tag{8}$$

ადვილი შესამოწმებელია, რომ (8) ფუნქცია აკმაყოფილებს (2) საწყის პირობას. (6)-ის პირველი განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ (8) დააკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობასაც, თუ $\mu(x,t)$ ფუნქცია წარმოადგენს ამოხსნას შემდეგი ინტეგრალური განტოლებისას

$$\mu(\xi_0,t) - \int_0^t d\tau \int_S \mu(\xi,\tau)\, K(\xi_0,t;\ \xi,\tau)\, ds_\xi = \varphi_1(\xi_0,t) \quad (\xi_0 \in S), \tag{9}$$

სადაც

$$K(\xi_0,t;\xi,\tau) = \frac{\delta_\xi\, [\Gamma(\xi_0,t;\ \xi,\tau)]}{1-E(\xi_0)}, \quad \varphi_1(\xi_0,t) = \frac{\varphi(\xi_0,t)}{E(\xi_0)-1}\,.$$

განვიხილოთ ფუნქციათა მიმდევრობა

$$\mu_k(\xi_0,t) = \int_0^t d\tau \int_S K(\xi_0,t;\ \xi,\tau)\, \mu_{k-1}(\xi,\tau)\, ds_\xi \qquad k=(1,2,\ldots),$$

$$\mu_0(\xi_0,t) = \varphi_1(\xi_0,t).$$

შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ

$$|\mu_k(\xi_0,t)| < \left[M\Gamma\left(\frac{\lambda}{2}\right)\right]^k m\, \frac{t^{k\frac{\lambda}{2}}}{\Gamma\left(1+k\frac{\lambda}{2}\right)}, \tag{10}$$

$$(k=1,2,\ldots)$$

სადაც $M$, $m$, $\lambda$ გარკვეული დადებითი მუდმივებია, ხოლო $\Gamma$ ეილერის ფუნქციაა.

ახლა შეიძლება ვუჩვენოთ, რომ (9) განტოლებას აქვს ერთადერთი ამოხსნა

$$\mu(\xi_0,t) = \sum_{k=1}^{\infty} \mu_k(\xi_0,t).$$

თუ ამ გზით ნაპოვნ $\mu(x,t)$ ფუნქციას ჩავსვამთ (8) ფორმულაში, მაშინ მივიღებთ I ამოცანის ერთადერთ ამოხსნას.

(7) ფორმულის საშუალებით, ანალოგიურად ამოიხსნება II ამოცანა.

6. ახლა დავუშვათ, რომ არსებობს ზღვარი

$$\lim_{t \longrightarrow \infty} \varphi(\xi, t) = \varphi(\xi) \qquad (\xi \in S).$$

მაშინ შეიძლება ვუჩვენოთ, რომ გარკვეულ პირობებში არსებობს ზღვარი

$$\lim_{t \longrightarrow \infty} u(x, t) = u(x) \qquad (x \in T),$$

სადაც $u(x)$ არის ამოხსნა განტოლებისა

$$\sum_{i,j=1}^{3} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{ij} \frac{\partial u}{\partial x_j}\right) = 0, \tag{11}$$

რომელიც აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობას

$$u(\xi) = \varphi(\xi) \qquad (\xi \in S). \tag{12}$$

ფიზიკურად ეს იმას ნიშნავს, რომ განსახილავი არასტაციონარული პროცესი უსასრულო დიდი დროის განმავლობაში გადადის გარკვეულ სტაციონარულ რეჟიმში.

ანალოგიურად შეიძლება გამოკვლეულ იქნეს შემთხვევა, როცა (1) განტოლების $a_{ij}$ კოეფიციენტები, გარდა $x$ წერტილის კოორდინატებისა, დამოკიდებულია აგრეთვე $t$-დროზე.

ერთ-ერთ შემდეგ სტატიაში ჩვენ მოვიყვანთ ანალოგიური სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნას პარაბოლური ტიპის ზოგიერთი არაწრფივი განტოლებისათვის.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 12.4.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Н. Тихонов. Об уравнении теплопроводности для нескольких переменных. Бюлл. МГУ, 9, 1938. О функциональных уравнениях типа Volterra и их применениях к некоторым задачам Математической физики. Бюлл. МГУ, 8, 1938.
2. E. Holmgren. Arkiv för Matematik, Bd III, № 12, 1907; Bd IV, № 18, 1908.
3. E. E. Levi. Annali di Matematica, 1908.
4. M. Gevrey. Journ. de math. pures et appl. (6) 9, 1913, 305—471; 10, 1914, 105—148.
5. Г. Мюнтц. Интегральные уравнения, 1934, стр. 239—270.
6. F. Dressel. Duke Math. Journ. 7, 1940, 186—203; 13, 1946, pp. 61—70.
7. E. Rothe. Math. Z. 33, 1931, 488—504.
8. W. Feller. Math. Annalen, 113, 1937, 114—160.
9. M. Weber. Transactions of the Am. Math. Society 71, 1951, 24—37.

დრეკადობის თეორია

ს. ტერსენოვი

# ცილინდრული გარსის რხევების საკუთრივ მნიშვნელობათა და საკუთრივ ფუნქციათა შესახებ[1]

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ი. ვეკუამ 3.8.1954)

1. სტატიაში მტკიცდება არსებობა საკუთრივი მნიშვნელობებისა და საკუთრივი ფუნქციებისა ცილინდრული გარსის სტაციონარული რხევების ერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემისა[2]

$$e^{\lambda} U = 0, \tag{1}$$

იმ შემთხვევაში, როცა საზღვარი დამაგრებულია ან თავისუფალი.

$U$ ვექტორ-ფუნქციაა კომპონენტებით $u, v, w$: $U=(u, v, w)$, $e^{\lambda}$ — მატრიცული ოპერაცია ელემენტებით:

$$l_{11}=b\Delta+c\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\lambda, \quad l_{22}=b\Delta+c\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\lambda,$$

$$l_{12}=l_{21}=c\frac{\partial^2}{\partial x \partial y}, \quad l_{13}=-l_{31}=\frac{c-b}{a}\frac{\partial}{\partial x},$$

$$l_{23}=-l_{32}=\frac{c+b}{a}\frac{\partial}{\partial y}, \quad l_{33}=-\frac{h^2(b+c)}{3}\Delta\Delta-\frac{b+c}{a^2}-y\frac{h^2}{3}\Delta+\lambda.$$

$\Delta$ ლაპლასის ოპერატორია, $b$, $c$ — მუდმივები, რომლებიც დრეკადობის მუდმივებით გამოისახებიან, $a$ — რადიუსი შუაზედაპირისა, $2h$ — გარსის სისქე, $\lambda$ — პარამეტრი.

ვიგულისხმოთ, რომ შუაზედაპირი გარსისა შემოსაზღვრული $D$ არეა, ხოლო მისი საზღვარი $L$ — ერთობლიობა უბან უბან გლუვი წირებისა უკუქცევის წერტილების გარეშე, რომლებსაც უბან-უბან უწყვეტი სიმრუდე აქვთ.

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\Phi[U_1; U_2] = \iint\limits_D \left[ c\left(\frac{\partial u_1}{\partial x}+\frac{\partial v_1}{\partial y}+\frac{w_1}{a}\right)\left(\frac{\partial u_2}{\partial x}+\frac{\partial v_2}{\partial y}+\frac{w_2}{a}\right)\right.$$

$$+b\left(\frac{\partial u_1}{\partial x}-\frac{\partial v_1}{\partial y}-\frac{w_1}{a}\right)\left(\frac{\partial u_2}{\partial x}-\frac{\partial v_2}{\partial y}-\frac{w_2}{a}\right)+b\left(\frac{\partial u_1}{\partial y}+\frac{\partial v_1}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial u_2}{\partial y}+\frac{\partial v_2}{\partial x}\right)$$

---

[1] ნაშრომი წარმოადგენს ნაწილს დისერტაციისას, რომელიც 1952 წლის დასაწყისში იქნა დაცული.

[2] ამ განტოლებებში გათვალისწინებულია ინერციის ძალების მომენტები. მათი გამოყვანა სტატიკური შემთხვევისათვის მოცემულია ი. ვ ე კ უ ა ს სტატიაში [1]; რხევების განტოლებანი ადვილად მიიღება დალამბერის პრინციპის საშუალებით.

$$+c\frac{h^2}{3}\Delta w_1\cdot\Delta w_2+b\,\frac{h^2}{3}\left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2}\right)\left(\frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 w_2}{\partial y^2}\right)$$

$$+4\,b\frac{h^2}{3}\frac{\partial^2 w_1}{\partial x\partial y}\cdot\frac{\partial^2 w_2}{\partial x\partial y}\Bigg]\,dx\,dy,$$

$$F[U_1;\,U_2]=\iint\limits_D\left[u_1u_2+v_1v_2+w_1w_2+\frac{h^2}{3}\frac{\partial w_1}{\partial x}\frac{\partial w_2}{\partial x}+\frac{h^2}{3}\frac{\partial w_1}{\partial y}\frac{\partial w^2}{\partial y}\right]dx\,dy,$$

$$N^\lambda[U_1(p);\,U_2(p)]=\Bigg[(b+c)\left(\frac{\partial u_1}{\partial x}+\sigma\frac{\partial v_1}{\partial y}+\frac{\sigma}{a}w_1\right)\cos\alpha$$

$$+b\left(\frac{\partial u_1}{\partial y}+\frac{\partial v_1}{\partial x}\right)\sin\alpha\Bigg]u_2+\Bigg[(b+c)\left(\frac{\partial v_1}{\partial y}+\sigma\frac{\partial u_1}{\partial x}+\frac{w_1}{a}\right)\sin\alpha$$

$$+b\left(\frac{\partial u_1}{\partial y}+\frac{\partial v_1}{\partial x}\right)\cos\alpha\Bigg]v_2+\Bigg[-\frac{h_2(b+c)}{3}\Bigg\{\frac{\partial}{\partial\nu}\left(\Delta w_1+\frac{\lambda}{b+c}w_1\right)$$

$$-(1-\sigma)\frac{\partial}{\partial s}\left(\left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2}\right)\sin\alpha\cos\alpha-\frac{\partial^2 w_1}{\partial x\,\partial y}\cos 2\alpha\right)\Bigg\}\Bigg]w_2$$

$$+\Bigg[\frac{h^2(b+c)}{3}\Bigg\{\left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial \bar{x}_2}+\sigma\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2}\right)\cos^2\alpha+\left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2}+\sigma\frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2}\right)\sin^2\alpha$$

$$+(1-\sigma)\frac{\partial^2 w_1}{\partial x\,\partial y}\sin 2\alpha\Bigg\}\Bigg]\frac{\partial w_2}{\partial\nu},$$

სადაც $\alpha$ კუთხეა $L$-ის ნორმალსა და $x$ ღერძს შორის, $\sigma$ — პუასონის კოეფიციენტი; $N^\lambda$ განსაზღვრულია $L$-ზე. აქ და შემდგომში $p$, $q$, $q'$ აღნიშნავენ $D$ არის წერტილებს $(x, y)$, $(\xi, \eta)$, $(\xi', \eta')$. როცა $U_1=U_2=U$ ამ ფორმებს აღვნიშნავთ შესაბამისად

$$\Phi[U],\ F[U],\ N^{(\lambda)}[U(p)].$$

ადვილი შესამჩნევია, რომ

$$\Phi[U]\geqq 0,\ F[U]\geqq 0$$

და რომ (1) სისტემა წარმოადგენს $\Phi[U]-\lambda F[U]$ გამოსახულების ეილერის განტოლებას.

2. განვიხილოთ წრფივი მრავალსახეობა ფუნქციებისა, რომელთათვის

$$K[U]=\iint\Bigg[u^2+v^2+w^2+\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2$$

$$+\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)^2+\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)^2$$

$$+2\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial y}\right)^2\Bigg]dx\,dy<\infty.$$

ჩავკეტოთ ეს მრავალსახეობა

$$\|U\|=\sqrt{K[U]} \qquad (2)$$

ნორმის საშუალებით და მიღებული ჩაკეტილი სიმრავლე აღვნიშნოთ $H$-ით. განვიხილოთ აგრეთვე ჩაკეტილი ქვესიმრავლე $H^0\in H$, რომელიც მიიღება [2] ნორმის საშუალებით ჩაკეტვით იმ ფუნქციების მრავალსახეობისა, რომ-

ლებიც ნული ხდებიან რაიმე სასაზღვრო ზოლში. ს. ს ო ბ ო ლ ე ვ ი ს თეორემის [2] ძალით, თუ $U \in H$, მაშინ $U$-ს ყველა კომპონენტის და $w$ კომპონენტის პირველი რიგის განზოგადებული წარმოებულების სასაზღვრო მნიშვნელობანი $L$-ზე კვადრატში ინტეგრებადია; ხოლო თუ $U \in H^0$, მაშინ აღნიშნული სასაზღვრო მნიშვნელობანი თითქმის ყველგან ნულის ტოლია.

გვაქვს:

ა) თუ $U \in H^0$, მაშინ

$$\beta_1 \| U \|^2 \leqq \Phi[U] \leqq \beta_2 \| U \|^2, \tag{3}$$

სადაც $\beta_i > 0$ $U$-საგან დამოუკიდებელი მუდმივებია;

ბ) თუ $U \in H$ და

$$\iint_D u\,dx\,dy = \iint_D v\,dx\,dy = \iint_D w\,dx\,dy = \iint_D \frac{\partial w}{dx}\,dx\,dy = \iint_D \frac{\partial w}{\partial y}\,dx\,dy = 0, \tag{3a}$$

მაშინ ადგილი აქვს (3)-ს.

(3) უტოლობა ა) შემთხვევაში ადვილად მტკიცდება (იხ. მაგ., [3]), ხოლო ბ) შემთხვევაში იგი შეიძლება დამტკიცდეს ხერხით, რომელიც გამოყენებულია ნორმებში [4, 5].



3. განვიხილოთ შემდეგი ამოცანა საკუთრივ მნიშვნელობებზე: ვიპოვოთ რიცხვი, რომლისთვისაც არსებობს ფუნქცია $U \in H^0$, რომელიც (1)-ს აკმაყოფილებს[1]. ამ ამოცანის ამოხსნა მიიყვანება შემდეგ ვარიაციულ ამოცანაზე: $H^0$-ის ფუნქციათა შორის, რომლებიც დამატებით აკმაყოფილებენ პირობას

$$F[U] = 1,$$

ვიპოვოთ ისეთი, რომლისთვისაც $\Phi[U]$ მინიმალურ მნიშვნელობას აღწევს.

4. ვ ა რ ი ა ც ი უ ლ ი ა მ ო ც ა ნ ი ს ა მ ო ხ ს ნ ა. ვთქვათ, $\lambda_1$ ქვედა საზღვარია და $U_n$ — მინიმალური მიმდევრობა, ე. ი. როცა $n \to \infty$

$$\Phi[U_n] \to \lambda_1, \quad F[U_n] = 1.$$

ადვილი დასამტკიცებელია, რომ

$$\Phi[U_n - U_m] - \lambda_1 F[U_n - U_m] \to 0, \text{ როცა } n, m \to \infty. \tag{4}$$

(3)-ის ძალით, $\Phi[U_n]$ შემოსაზღვრულობის გამო, $U_n$ ასევე შემოსაზღვრულია ნორმით და ჩაგების ოპერატორის სავსებით უწყვეტობის (იხ. [2]) საფუძველზე არსებობს ისეთი ქვემიმდევრობა $U_n$ მიმდევრობისა (რომელსაც კვლავ $U_n$-ით აღვნიშნავთ), რომ

$$F[U_n - U_m] \to 0 \qquad \text{როცა } n, m \to \infty. \tag{5}$$

(5) საფუძველზე (4)-იდან გამომდინარეობს

$$\Phi[U_n - U_m] \to 0 \qquad \text{როცა } n, m \to \infty$$

და (3)-ის ძალით გვაქვს

$$\| U_n - U_m \| \to 0 \qquad \text{როცა } n, m \to \infty.$$

აქედან, რადგან $H^0$ სავსეა, გამომდინარეობს, რომ $U_n$ ძლიერად იკრიბება რაღაც ელემენტისკენ $U_1 \in H^0$ და $U_1$ წარმოადგენს ვარიაციული ამოცანის ამონახსნს.

---

[1] ეს ამოცანა შეესაბამება ჩამაგრებული საზღვრის შემთხვევას.

ადვილი საჩვენებელია, რომ

$$\Phi[U_1;\, U]-\lambda_1 F[U_1;\, U]=0 \tag{6}$$

ყოველი $U\in H^0$.

თუ ახლა ვაჩვენებთ, რომ $U_1$ აქვს უწყვეტი წარმოებულები, მაშინ (6)-დან მივიღებთ, რომ $U_1$ და $\lambda_1$ არიან საკუთრივი ფუნქცია და საკუთრივი მნიშვნელობა.

$U_1$-ის უწყვეტი წარმოებულების არსებობას დავამტკიცებთ ს. სობოლევის [2] მიხედვით.

ადვილი გამოსათვლელია, რომ $e^{\lambda}$ მატრიცის დეტერმინანტი ტოლია

$$-\frac{h^2(b+c)^2 b}{3}(\Delta^4+\Lambda),$$

სადაც $\Lambda$ ოპერატორია, რომელიც შეიცავს წარმოებულებს არა უმეტეს მეექვსე რიგისა.

ვთქვათ, $T_{ij}$ ალგებრული დამატება $e_{ij}$-სა და ვთქვათ $A(p,q)$ ელემენტარული ამოხსნაა განტოლებისა (იხ. [6], გვ. 189)

$$\Delta^4 A+\Lambda A=0.$$

მატრიცულ ელემენტარულ ამოხსნას ვუწოდებთ მატრიცს

$$Z_\rho(p,q)=\begin{pmatrix} z_{11}(p,q) & z_{12}(p,q) & z_{13}(p,q)\\ z_{21}(p,q) & z_{22}(p,q) & z_{23}(p,q)\\ z_{31}(p,q) & z_{32}(p,q) & z_{33}(p,q)\end{pmatrix},$$

სადაც

$$z_{ij}(p,q)=\frac{3}{h^2(b+c)^2 b}\,T_{ij}A(p,q),$$

როგორც ნაჩვენებია ნაშრომში [6]

$$A(p,q)=\frac{1}{3^2 2^9\pi}r^6\log\frac{r}{\rho}g(p,q)+g_0(p,q),$$

სადაც $\rho>0$ ჯერჯერობით განუსაზღვრელი მუდმივია, $g(p,q)$, $g_0(p,q)$ $(x-\xi)$, $(y-\eta)$-ის ანალიზური ფუნქციებია,

$$r^2=(x-\xi)^2+(y-\eta)^2,\ g(p,p)=1.$$

განვსაზღვროთ ფუნქცია $\psi(\eta)$ (იხ. [2], გვ. 100):

$\psi(\eta)=1$ როცა $0\leqq\eta\leqq\frac{1}{2}$, $\psi(\eta)=0$ როცა $\eta\geqq 1$, $\psi(\eta)$ მონოტონურია $\left[\frac{1}{2},1\right]$-ში და აქვს უწყვეტი წარმოებულები ყველა რიგისა.

ვთქვათ, $q$ არის შიგა წერტილი, რომელიც დაშორებულია $L$-საგან $\delta$-ზე მეტი მანძილით, ხოლო $\rho_1$ და $\rho_2$ რაღაც რიცხვებია, $0<\rho'_1<\rho_2<\delta$. ვთქვათ,

$$Y(p,q)=\psi\left(\frac{r}{\rho_1}\right)Z_{\rho_1}(p,q)-\psi\left(\frac{r}{\rho_2}\right)Z_{\rho_2}(p,q) \tag{7}$$

$\rho_1$ და $\rho_2$-ის შერჩევის ძალით $Y(p,q)$ მატრიცი ნული ხდება $D$-ს რაიმე სასაღვრო ზოლში, როცა $q\in D_\delta$, სადაც $D_\delta$ წერტილების სიმრავლეა, რომლებიც დაშორებული არიან $L$-დან $\delta$-ზე მეტი მანძილით. გარდა ამისა, $Y(p,q)$ მატრი-

ცი უწყვეტია და აქვს უწყვეტი წარმოებულები $D$-ში ყველა რიგისა. ამიტომ $Y^{(k)}(p, q)$ ყველა სვეტი $H^0$-ის ელემენტია.

თუ (6)-ში

$$U = Y^{(k)}(p, q),$$

მაშინ მივიღებთ:

$$\Phi[U_1; Y^{(k)}] - \lambda_1 F[U_1; y^{(k)}] = 0 \quad (k = 1, 2, 3).$$

მოვახდენთ რა ნაწილობით ინტეგრებას, უკანასკნელი ტოლობიდან მივიღებთ:

$$\iint\limits_D l_p^{\lambda_1} Y^{(k)}(p, q) \cdot U_1(p)\, dx\, dy = 0 \quad (k = 1, 2, 3), \tag{8}$$

სადაც $l_p^{\lambda_1}$ აღნიშნავს $l^{\lambda_1}$ ოპერაციას $p$ წერტილში.

აღვნიშნოთ

$$\omega_{(k)}(p, q; \rho) = \frac{1}{c_{kk}(\rho)}\, l_p^{\lambda_1}\left[\psi\left(\frac{r}{\rho}\right) Z_\rho^{(k)}(p, q)\right], \tag{9}$$

სადაც $Z_\rho^{(k)}(p, q)$ არის $Z_\rho(p, q)$ მატრიცის $k$-ური სვეტი,

$$c_{ij}(\rho) = \iint\limits_D \sum_{k=1}^{3} l_{ik}\left[\psi\left(\frac{r}{\rho}\right) Z_{kj}(p, q)\right] dx\, dy.$$

$A(p, q)$ ფუნქციის თვისებების საფუძველზე შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ $c_{ij}(\rho)$ დამოკიდებულია მხოლოდ $\rho$-ზე და

$$\lim_{\rho \to 0} c_{ij}(\rho) = \begin{cases} 0 & i \neq j, \\ c \neq 0 & i = j. \end{cases}$$

(7) და (9)-ის ძალით (8) პირობა შეიძლება შემდეგნაირად ჩავწეროთ:

$$c_{kk}(\rho_1) \iint\limits_D \omega_{(k)}(p, q; \rho_1) \cdot U_1(p)\, dx\, dy =$$

$$= c_{kk}(\rho_2) \iint\limits_D \omega_{(k)}(p, q; \rho_2) \cdot U_1(p)\, dx\, dy. \quad (k = 1, 2, 3) \tag{10}$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ $U_1$ ფუნქციის უწყვეტობას მთლიანობაში (იხ. [2], გვ. 16) და უტოლობას

$$\iint\limits_D \left(\sum_{k=1}^{3} l_{ik}\left[\psi\left(\frac{r}{\rho}\right) z_{kj}(p, q)\right]\right)^2 dx\, dy \leqq \frac{\beta}{\rho^2} \quad (i, j = 1, 2)$$

(სადაც $\beta$ მუდმივია $\rho$-საგან დამოუკიდებელი), ადვილი დასამტკიცებელია, რომ მიმდევრობა

$$U\rho = \iint \omega(p, q; \rho) \cdot U_1(p)\, dx\, dy$$

იკრიბება $U_1$-კენ საშუალოდ. აქ $\omega(p, q; \rho)$ მატრიცია $k$-ური სტრიქონით $\omega_{(k)}(p, q; \rho)$. რადგან $U_\rho$ მიმდევრობის ყოველ წევრს აქვს უწყვეტი წარმოე-

ბულები ყველა რიგისა, ამიტომ (10)-ის საფუძველზე $U_1$ ფუნქციაც ნებისმიერ რიცხვჯერ უწყვეტად დიფერენცირებადია $D$გ-ში. მაშასადამე, ბ ს ნებისმიერობის გამო $U_1$-ს აქვს უწყვეტი წარმოებულები ყველა რიგისა $D$-ს შიგა წერტილებში.

ვთქვათ, ჩვენ ვიპოვეთ $(n-1)$ ფუნქცია $U_1 \in H^0$ და $n-1$-ს რიცხვი $(i=1, 2, \ldots, n-1)$ ისეთნი, რომ

$$\Phi[U_i; U_j] - \lambda_i F[U_i; U_j] = 0$$

$$F[U_i; U_j] = \begin{cases} 1, & i=j, \\ 0, & i \neq j, \end{cases}$$

$$i, j = 1, 2, \ldots, n-1.$$

მაშინ $n$-ური საკუთრივი მნიშვნელობა $\lambda_n$ არის მინიმუმი $\Phi[U]$ $H^0(U_1, \ldots, U_{n-1})$-ში, როცა $F[U]=1$, ხოლო ფუნქცია, რომელიც $\Phi[U]$ მინიმუმს ანიჭებს, იქნება $n$-ური საკუთრივი ფუნქცია. $H^0(U_1, \ldots, U_{n-1})$ აღნიშნავს $H^0$-ის ჩაკეტილ ქვესიმრავლეს, რომლის ელემენტები აკმაყოფილებენ პირობებს

$$F[U_i; U]=0, \quad i=1, 2, \ldots n-1.$$

ამგვარად, ადგილი აქვს შემდეგ თეორემას.

თეორემა. არსებობს მიმდევრობა რიცხვებისა $\{\lambda_n\}$ და შესაბამისი მიმდევრობა ფუნქციებისა $\{U_n\} \in H^0$ ისეთნი, რომ:

ა) $U_n$ აკმაყოფილებს (1) განტოლებას, როცა $\lambda=\lambda_n$

ბ) $\lambda_n \to \infty$ როცა $n \to \infty$

გ)

$$F[U_i; U_j]=\delta_{ij} \qquad \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i=j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

$$\Phi[U_i; U_j]=\lambda_i \delta_{ij}$$

დ) $\{U_n\}$ ფუნქციათა სისტემა სავსეა შემდეგი აზრით: ყოველი $U \in H^0$ გვაქვს

$$\Phi[U] = \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k c_k^2, \qquad F[U] = \sum_{k=1}^{\infty} c_k^2,$$

$$c_k = F[U; U_k].$$

შეიძლება დამტკიცდეს, რომ საკუთრივი ფუნქციები აკმაყოფილებენ პირობებს

$$u_n = v_n = w_n = \frac{\partial w_n}{\partial x} = \frac{\partial w_n}{\partial y} = 0 \quad L\text{-ზე}.$$

შევნიშნოთ, რომ ამოცანა შეიძლება ამოიხსნას უფრო ნაკლებად შემზღუდავ პირობებში, რომლებიც საზღვარს ედება.

ანალოგიური გზით იხსნება შემდეგი ამოცანა საკუთრივ მნიშვნელობაზე: ვიპოვოთ რიცხვი $\lambda$, რომლისთვისაც არსებობს ფუნქცია $U \in H$, რომელიც აკმაყოფილებს (1) განტოლებას[1]. ამასთან სასაზღვრო პირობები სრულდება შემდეგი აზრით:

---

[1] ეს ამოცანა შეესაბამება თავისუფალი საზღვრის შემთხვევას.

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \int_{L_\varepsilon} N^{(\lambda_n)} [U_n; U] \, ds = 0,$$

სადაც $L_\varepsilon$ მიმდევრობაა საკმაოდ გლუვი შიგა კონტურებისა, რომლებიც $L$-კენ მიისწრაფვიან, $U$ რაიმე ელემენტია $H$-ისა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი
(რედაქციას მოუვიდა 3.8.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Н. Векуа. К теории пологих оболочек. ДАН СССР, т. LXVIII, № 3, 1949.
2. С. Л. Соболев. Некоторые применения функционального анализа в математической физике. Издат. ЛГУ им. Жданова, 1950.
3. Р. Курант и Д. Гильберг. Методы математической физики, т. 2, ГИИТЛ, 1951.
4. Д. М. Эйдус. О смешанной задаче теории упругости. ДАН СССР, т. LXXVI, № 2, 1951.
5. K. Friedrichs. On the boundary-value problem of the theory of elasticity and Korn's inequality. Annals of mathematics, vol. 48, № 2, 1947.
6. И. Н. Векуа. Новые методы решения эллиптических уравнений. М.-Л., 1948.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XV, № 9, 1954

ფიზიკა

გ. მუსხელიშვილი

# ღვარული პროცესებისათვის პოლიას განაწილების ფუნქციის გამოყენების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 5.1.1954)

ელექტრონების ნამდვილი რიცხვის განსაზღვრა ელექტრომაგნიტური ღვარის განვითარების მოცემულ სიღრმეზე მეტად რთულ ამოცანას წარმოადგენს.

რაც უფრო მცირეა ის სიღრმე, რომელზედაც ჩვენ ღვარს ვიხილავთ (ან რაც უფრო მცირეა ნივთიერების ის სისქე, რომელშიაც ვითარდება ღვარი), მით უფრო მეტია ნაწილაკების ნამდვილი რიცხვის გადახრა ღვარული თეორიის მიხედვით გამოთვლილი საშუალო რიცხვისაგან.

ბაბამ და ჰაიტლერმა [1] სცადეს ამ პრობლემის განხილვა. მათ დაუშვეს, რომ ღვარში ნაწილაკების განაწილება პუასონის კანონს ემორჩილება. მაგრამ, ვინაიდან ნაწილაკები ღვარში დამოუკიდებელნი არ არიან, ეს დაშვება სამართლიანი შეიძლება აღმოჩნდეს მხოლოდ დიდი სიღრმეებისათვის.

ფლუქტუაციების განსაზღვრის მეორე ცდა ეკუთვნის ფერის [2], რომელმაც მხედველობაში არ მიიღო დანაკარგები იონიზაციაზე და ღვარის გამარტივებული მოდელი განიხილა.

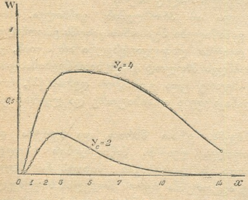
ნორდსიკმა, ლემბმა და ულენბეკმა, ერთი მხრით, და სკოტმა და ულენბეკმა, მეორე მხრით, გამოითვალეს ღვარში ნაწილაკების რაოდენობის საშუალო კვადრატული გადახრა საშუალოსაგან. მიიღეს რა მხედველობაში დანაკარგები იონიზაციაზე, ავტორებმა ფერის მოდელის საფუძველზე განსაზღვრეს ზოგიერთი კერძო შემთხვევისათვის ამ გადახრების რიცხვითი მნიშვნელობები (დასახელებული შრომები დაწვრილებითაა განხილული როსის [3] მონოგრაფიაში).

მიუხედავად იმისა, რომ ავტორებმა ვერ შეძლეს სასრული სახის გამოსახულების მიღება აღებულ სიღრმეზე ელექტრონების მოცემული რიცხვის აღმოჩენის ალბათობისათვის, მათ მოახერხეს ამ ალბათობის გამოთვლა შთამნთქმელის სხვადასხვა სისქისათვის და პირველადი ელექტრონის ენერგიის რამდენიმე კონკრეტული მნიშვნელობისათვის. აღნიშნული გამოთვლებიდან ჩანს, რომ ფლუქტუაციები უნდა მდებარეობდნენ ბაბა და ჰაიტლერისა და ფერის მიერ მიღებულ მნიშვნელობათა შორის, სახელდობრ, პუასონის კანონის საფუძველზე მოსალოდნელ მნიშვნელობათა მახლობლობაში. ვინაიდან ამ მეთოდით გამოთვლილი ფლუქტუაციები სწრაფად იზრდება სიღრმის ზრდასთან ერთად, ამიტომ ავტორების მიერ მიღებული მნიშვნელობები მაქსიმალურ სიღრმეზე აჭარბებს ფერის თეორიის მიხედვით მოსალოდნელ მნიშვნელობებს.

ღვარებში ფლუქტუაციების გამოკვლევისადმი მიძღვნილია არლის მეტად ორიგინალური შრომები [4, 5]. ფლუქტუაციების გამოსათვლელად მან ისარგებლა პოლიას განაწილების ფუნქციის მსგავსი განაწილების ფუნქციით (პოლიას განაწილების ფუნქცია იხმარება ბიოლოგიური პრობლემების გადაჭრისას).

არლის შრომებში, რომელნიც დღემდე ფართო გამოყენებას პოულობენ ღვარულ ლიტერატურაში, გამოანგარიშებულია ელექტრონის მიერ აღებულ სიღრმეზე მეორეული ელექტრონების მოცემული რიცხვის წარმოქმნის ალბათობის სიდიდეები. ამ მონაცემების მიხედვით საკმაო სიდიდის ენერგიის მქონე ელექტრონს შეუძლია რამდენიმე $t$-ერთეულის სისქის ნივთიერების გავლა ღვარის წარმოშობის გარეშე.

პირველ სურათზე ნაჩვენებია არანაკლებ სამი ნაწილაკის შემცველი ღვარების წარმოშობის ალბათობათა განაწილება (ასეთი ღვარების წარმოშობის ალბათობათა განხილვა ამარტივებს არლის მიერ გამოთვლილი სიდიდეების შედარებას ჩვენს ექსპერიმენტულ მონაცემებთან).




სურ. 1

აბსცისთა ღერძზე გადადებულია შთამნთქმელის სისქე, არლის მიერ მიღებულ ერთეულებში: $x=\ln 2\cdot t$, სადაც $t$ ღვარული ერთეულია.

ორდინატთა ღერძზე გადადებულია სამ ან მეტ ნაწილაკთა წარმოქმნის ალბათობა. მრუდები აგებულია ენერგიის ორი მნიშვნელობისათვის $y_c=\ln(E_0/E_c)$, სადაც $E_0$ პირველადი ელექტრონის ენერგიაა, ხოლო $E_c$—კრიტიკული ენერგია (არლი ხმარობს ბეტესა და ჰაიტლერის [6] მიერ მოცემული კრიტიკული ენერგიის მნიშვნელობას: $E_c=1600\,mc^2/Z$, სადაც $mc^2$ ელექტრონის უძრაობის მასაა, ხოლო $Z$—ბირთვის მუხტი. ტყვიისათვის $E_c=9{,}8\cdot10^6$eV).

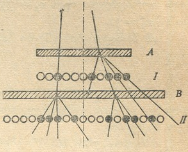
როგორც აღვნიშნეთ, მრუდები აგებულია პირველადი ელექტრონის ენერგიის ორი მნიშვნელობისათვის: $7{,}25\cdot10^7$eV ($y_c=2$) და $5{,}4\cdot10^8$eV ($y_c=4$).

$y_c=4$ მრუდიდან გამომდინარეობს, რომ $n\geqq3$ ნაწილაკის შემცველი ღვარების წარმოშობის ალბათობა $2t$-ერთეულის სისქის ნივთიერებაში 0,40-ის ტოლია.

ამ სიდიდის შესამოწმებლად გამოყენებულ იქნა ავტორის მიერ მიღებული ელექტრონული კომპონენტის გაზომვების შედეგები [7]. გაზომვები წარმოებდა ზღვის დონიდან 3250 მ სიმაღლეზე.

მე-2 სურათზე სქემატურად ნაჩვენებია დანადგარის ის ნაწილი, რომლის დახმარებითაც წარმოებდა მაღალი ენერგიის მქონე ელექტრონების

მიერ წარმოშობილი ღვარების რეგისტრაცია. ღვარების წარმოშობა ხდებოდა ტყვიის $A$ და $B$ ფირფიტებში. თითოეული მათგანის სისქეა $2t$-ერთეული. I და II წარმოადგენს ღვარების აღმრიცხველ ჰოდოსკოპურ სისტემას.



სურ. 2

პირველადი ელექტრონების ენერგია განისაზღვრებოდა უშუალოდ, მაგნიტური ანალიზის საშუალებით.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ იმ შემთხვევებს, როდესაც ჰოდოსკოპური სისტემის I და II რიგებში რეგისტრირებული იყო არა ნაკლებ სამი მთვლელის დაცლა.

აღვნიშნოთ $N$-ით $A$ ფირფიტაზე დაცემულ ელექტრონთა რიცხვი, ხოლო $w$-თი ამ ფირფიტაში $n \geqq 3$ ნაწილაკიანი ღვარის წარმოშობის ალბათობა.

მაშინ, არლის მონაცემების მიხედვით

$$Nw = 0{,}4\,N$$

$y_c = 4$ მრუდისათვის.

$B$ ფირფიტაზე ეცემა $N(1-w)$ გაუმრავლებელი ელექტრონი (დანაკარგებს იონიზაციაზე ჩვენ უგულებელვყოფთ) და ფირფიტის ქვეშ გვექნება

$$N(1-w)\,w$$

ღვარი. $B$ ფირფიტის ქვეშ ღვარების $m^*$ რიცხვის შეფარდება $A$ ფირფიტის ქვეშ ღვარებს $m$ რიცხვთან

$$\frac{m^*}{m} = 1 - w = 0{,}60. \tag{1}$$

გადავიდეთ ექსპერიმენტული შედეგების განხილვაზე. $m$ ღვარის წარმოშობისას, $A$ ფირფიტის ქვეშ

$$n_3 = w_3 m$$

სამჯერადი თანხვდენა გვექნება, სადაც $w_3$ ჰოდოსკოპის პირველი რიგის მიერ სამჯერადი თანხვდენების რეგისტრაციის ალბათობაა.

შეიძლება ვაჩვენოთ [7], რომ სამჯერადი თანხვდენების რიცხვი $B$ ფირფიტის ქვეშ იქნება:

$$n_3^* = m\,(1 - w_3)\,k + \gamma m^* w_3^*,$$

სადაც $k$ ალბათობაა იმისა, რომ ღვარი $B$ ფირფიტაში გავლის შემდეგ სამჯერად თანხვდენას მოგვცემს ჰოდოსკოპის მეორე რიგში, $w_3^*$ ამავე რიგში სამჯერადი თანხვდენების აღრიცხვის ალბათობაა, $\gamma$ ჰოდოსკოპის პირველი რიგის შევსების კოეფიციენტია.

ელემენტარული გამოთვლები გვაძლევს:

$$\frac{m^*}{m} = \frac{1}{a}\left(\frac{n_3^*}{n_3} - \frac{1 - w_3}{w_3}\,k\right), \tag{2}$$

სადაც

$$a = \gamma\,\frac{w_3^*}{w_3}.$$

ჩვენი დანადგარისათვის $a = 0,58$, $w_3 = 0,29$ და $k = 0,12$. გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ 210 საათის განმავლობაში $A$ ფირფიტის ქვეშ ჰოდოსკოპის მიერ აღრიცხული იყო $n_3 = 75$ სამჯერადი თანხვდენა, ხოლო $B$ ფირფიტის ქვეშ—$n_3^* = 31$.

ამ მონაცემების (2)-ში ჩასმა გვაძლევს:

$$\frac{m^*}{m} = 0,21. \tag{3}$$

(3)-ის შედარება (1)-თან გვიჩვენებს, რომ ექსპერიმენტულად მიღებული სიდიდე არლის გამოთვლებიდან მოსალოდნელ სიდიდეზე დაახლოებით სამჯერ ნაკლებია.

ამრიგად, 5,4.10[8]eV ენერგიის მქონე ელექტრონის ორ $t$-ერთეულში გამრავლების ალბათობა ბევრად მეტია, ვიდრე ეს გამომდინარეობს არლის თეორიული გამოთვლებიდან.

(1) შეფარდებისათვის, რომელიც გამოთვლილია პირველადი ელექტრონის 7,25.10[7]eV ($y_c = 2$) ენერგიისათვის ვღებულობთ სიდიდეს 0,85.

აქედან ჩანს, რომ არლის მიერ გამოყენებული განაწილების ფუნქცია და გაანგარიშების მეთოდები ღვარული პროცესებისათვის არ არის სამართლიანი.

ამ მოსაზრებებს ადასტურებს ბელენკის [8] თეორიული გამოთვლები და ვილსონის [9, 10] შედეგები, მიღებული მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.1.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. H. Bhabha and W. Heitler. The Passage of Fast Electrons and the Theory of Cosmic Showers. Proc. Roy. Soc., Серия A, т. 159, № 898, 1937, стр. 432.
2. W. Furry. On Fluctuation Phenomena in the Passage of High Energy Electrons Through Lead. Phys. Rev., т. 52, № 6, 1937, стр. 569.
3. B. Rossi. High-Energy Particles. New York, 1952.
4. N. Arley. On the Theory of Coincidence Experiments on Cosmic Rays. Proc. Roy. Soc., Серия A, т. 168, № 935, 1938, стр. 519.
5. N. Arley. Stochastic Processes. Copenhagen, 1947.
6. H. Bethe and W. Heitler. On the Stopping of Fast Particles and on the Creation of Positive Electrons. Proc. Roy. Soc., Серия A, т. 146, № 856, 1934, стр. 83.
7. Г. Н. Мусхелишвили. Спектр электронной компоненты космического излучения на высоте 3250 м над уровнем моря. Диссертация, Тбилиси, 1952.
8. С. З. Беленький. Лавинные процессы в космических лучах. ГИТЛ, 1948.
9. R. Wilson. Range and Straggling of High-Energy Electrons. Phys. Rev., т. 84, № 1, 1951, стр. 100.
10. R. Wilson. Monte Carlo Study of Shower Production. Phys. Rev., т. 86, № 3, 1952, стр. 261.

ფიზიკა

ვ. ასრიბეკოვი

# „ნუკლონიუმის“ თეორიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 9.4.1954)

პროტონის კულონურ ველში შესაძლებელია პროტონისა და ანტიპროტონისგან შედგენილი მეტასტაბილური სისტემის წარმოქმნა. ეს პროტონი და ანტიპროტონი დაკავშირებულია ელექტრული ძალებით და საერთო სიმძიმის ცენტრის გარშემო ბრუნავენ. ანალოგიით პოზიტრონიუმისა (ელექტრონ-პოზიტრონის წყვილთა შემთხვევაში), ასეთ სისტემებს ნუკლონანტინუკლონურ წყვილთა შემთხვევაში (უფრო ზუსტად, $P-AP$ წყვილთათვის) შეიძლება „ნუკლონიუმი“ ეწოდოს. ისევე, როგორც პოზიტრონიუმი, „ნუკლონიუმი“ უმთავრესად ნუკლონთა მცირე ფარდობითი სიჩქარეების დროს წარმოიქმნება.

ერთხელ წარმოქმნილ „ნუკლონიუმს“ ექნება სასრული სიცოცხლის ხანგრძლივობა სპონტანური ანიჰილაციის ეფექტის შესაძლებლობის გამო. როგორც ჩანს, „ნუკლონიუმის“ სიცოცხლის ხანგრძლივობა ძლიერ დამოკიდებულია მის შემადგენელ კომპონენტთა სპინების ურთიერთორიენტაციისაგან. ეს გარემოება კავშირშია ანიჰილაციურ განივკვეთთა განსხვავებასთან ორთო- და პარა-ანიჰილაციათათვის (რაც შეესაბამება $P$ და $AP$ სპინთა პარალელურ და ანტიპარალელურ ორიენტაციებს).

მართლაც, თუ არ მოვახდენთ $P-AP$ წყვილთა ორმეზონმიანი ანიჰილაციის ეფექტური განივკვეთის გასაშუალებას $P$ და $AP$ სპინების ურთიერთორიენტაციის მიმართ, მაშინ, როგორც ადვილი სანახავია, $P$ და $AP$ სპინთა პარალელური ორიენტაციისას (ჯამური სპინური მომენტი 1-ის ტოლია) ორმეზონიანი ანიჰილაციის განივკვეთი ნულისაკენ მიისწრაფვის, როდესაც პროტონისა და ანტიპროტონის ფარდობითი სიჩქარე ნულისაკენ მიისწრაფვის.

მართლაც, ფსევდოსკალარული კავშირის შემთხვევაში $P$ და $AP$ ორმეზონიანი ანიჰილაციის შესაბამისი გადასვლის მატრიცული ელემენტი $A_{ps}$ ტოლია [1]:

$$A_{ps}=\frac{g_{ps}^{2}}{2\,p_1\cdot k_1-\mu^2}\,\bar{u}_2\gamma_5\,(\widehat{p_1}-\widehat{k_1}+M)\,\gamma_5 u_1 \tag{1}$$

სპინორების ჩვეულებრივ ნორმირებაზე და სამგანზომილებიან აღნიშვნებზე გადასვლით მივიღებთ:

$$A_{ps} = -\frac{g_{ps}^2}{2p_1 \cdot k_1 - \mu^2}\, u_2^* \beta \left[\beta\, (\vec{\alpha}\vec{k}_1) - \beta\varepsilon\right] u_1$$

$$= -\frac{g_{ps}^2}{2p_1 \cdot k_1 - \mu^2}\, u_2^* \left[(\vec{\alpha}\vec{k}_1) - \beta\mu\right] u_1. \qquad (2)$$

ვინაიდან β მატრიცა არ აკავშირებს მდგომარეობებს დადებითი და უარყოფითი ენერგიებით, ამიტომ $A_{ps}$ მატრიცული ელემენტის ის ნაწილი, რომელიც შეესაბამება პროტონ-ანტიპროტონულ გადასვლას, პროპორციულია (2)-ის მხოლოდ პირველი წევრისა, ე. ი.

$$A_{ps} \sim u_2^* (\vec{\alpha}\vec{k}_1)\, u_1. \qquad (3)$$

ჩვენ მიერ განსახილავ შემთხვევაში (უძრავი ნუკლონები) ერთადერთ ფიზიკურად გამოყოფილ სივრცით მიმართულებას ინერციის ცენტრის სისტემაში წარმოადგენს ღერძი, რომლის გასწვრივაც მიმართულია ორი მეზონის იმპულსური ვექტორები $\vec{k}_1$ და $\vec{k}_2$, ამიტომ ბუნებრივი იქნება ამ ღერძის გაიგივება პოლარულ ღერძთან Z. ამის გამო (3) იღებს სახეს:

$$A_{ps} \sim u_2^* \alpha_z u_1 = u_2^* \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} u_1. \qquad (4)$$

[2]-ის თანახმად, მიღებული სპინორული კომბინაცია განსხვავდება ნულისგან მხოლოდ პროტონისა და ანტიპროტონის სპინთა ანტიპარალელური ორიენტაციისას (აღვნიშნოთ, რომ ეს შედეგი სამართლიანია ფსევდოვექტორული კავშირის შემთხვევაშიც).

ასე რომ ნელი ნუკლონების ($P—AP$) ორმეზონიანი ანიჰილაცია მხოლოდ იმ შემთხვევაში განხორციელდება, როდესაც ანტიპროტონი ეჯახება პროტონს, რომელსაც აქვს ანტიპროტონის სპინის ანტიპარალელური სპინი (აკრძალვას ადგილი ექნება კულონური ეფექტების მხედველობაში მიღებისასაც).

„ნუკლონიუმის“ (კულონური) კავშირის ენერგია ბევრად მცირეა პროტონისა და ანტიპროტონის საკუთარ ენერგიაზე. ამის გამო ანიჰილაციურ ეფექტთათვის მიღებული შედეგები თავისუფალ ნაწილაკთა შემთხვევაში შეიძლება უშუალოდ გამოყენებულ იქნეს „ნუკლონიუმის“ ბმული სისტემის თვისებათა გამოკვლევისას.

შევაფასოთ „ნუკლონიუმის“ სიცოცხლის ხანგრძლივობა.

„ნუკლონიუმში“ $P$ და $AP$ სპონტანური ანიჰილაცია პრაქტიკულად მხოლოდ $S$ მდგომარეობებში მიმდინარეობს (მდგომარეობებში $l \neq 0$-ით პროტონის მახლობლად ანტიპროტონის აღმოჩენის ალბათობა ძლიერ მცირეა). თუ „ნუკლონიუმის“ სპინური მომენტი ნულის ტოლია („პარანუკლონიუმი“), მაშინ შესაძლებელია ორმეზონიანი ანიჰილაცია; თუკი სპინური მომენტი 1-ს უდრის („ორთონუკლონიუმი“), მაშინ შესაძლებელია მხოლოდ სამმეზონიანი ანიჰილაცია, ვინაიდან, (4)-ის თანახმად, ორმეზონიანი ანიჰილაცია მკაცრად აკრძალულია. ასე რომ გვაქვს ორი სხვადასხვა ტიპის „ნუკლონიუმი“ დაშლის სხვადასხვა ვარიანტთან დაკავშირებით.

„ნუკლონიუმის“ სიცოცხლის ხანგრძლივობა ანიჰილაციის ალბათობისაგან განისაზღვრება, ეს უკანასკნელი კი შემდეგნაირად არის დაკავშირებული ინერციის ცენტრის სისტემაში გასაშუალოებულ ეფექტურ განივკვეთთან:

$$w = \{v\,\overline{\sigma}\}_{v\to 0}\,|\psi(0)|^2; \tag{5}$$

აქ $\psi(0)$ არის „ნუკლონიუმის“ ტალღური ფუნქციის მნიშვნელობა ნაწილაკთა შორის 0-ის ტოლ ფარდობით მანძილისას; $|\psi(0)|^2$ განსაზღვრავს პროტონისა და ანტიპროტონის დაჯახების ალბათობას. თუ ჩავთვლით, რომ „ნუკლონიუმის“ სისტემა უმდაბლეს ენერგეტულ მდგომარეობაში იმყოფება, მაშინ $\psi(0)$ წარმოადგენს ძირითადი მდგომარეობის შრედინგერულ წყალბადის ფუნქციას კოორდინატთა სათავეში:

$$|\psi(0)|^2 = \frac{1}{\pi a^3}, \tag{6}$$

სადაც $a = 2h^2/Me^2$, რადგან ინერციის ცენტრის სისტემაში მონაწილეობს დაყვანილი მასალა $M/2$.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ გასაშუალოებული ეფექტური განივკვეთი შედგენილია $\sigma_{\uparrow\uparrow}$ და $\sigma_{\uparrow\downarrow}$-გან მათი სტატისტიკური წონების მხედველობაში მიღებით შემდეგნაირად (იხ. [3]):

$$\overline{\sigma} = \frac{3\sigma_{\uparrow\uparrow} + \sigma_{\uparrow\downarrow}}{4}, \tag{7}$$

მაშინ (5), (6) და [1]-ის (19) ფორმულების დახმარებით „პარანუკლონიუმის“ სპონტანური ანიჰილაციის ალბათობისათვის მივიღებთ (ჩვეულებრივი ერთეულებით):

$$\frac{1}{\tau_n} = w_n = 4\,\{v\cdot\sigma_{ps}^{(1)}\}_{v\to 0}\cdot\frac{1}{\pi a^3} = \left(\frac{g_{ps}^2}{hc}\right)^2\cdot 0{,}83\cdot 10^{17}\,\text{сек}^{-1}. \tag{8}$$

„ორთონუკლონიუმის“ სპონტანური ანიჰილაციის ალბათობა მოიძებნება იმავე ფორმულების (5) და (6) საშუალებით, ოლონდ სამმეზონიანი ანიჰილაციის გასაშუალოებული განივკვეთის გამოყენებით, რომლის გამოთვლითაც მცირე ენერგიათა არეში ვიღებთ სიდიდეს $\left(\frac{g_{ps}^2}{hc}\right)^3\cdot\frac{c}{v}\cdot 0{,}25\cdot 10^{-30}\,\text{см}^2$ [4]. საძებნი ალბათობისთვის ვიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

$$\frac{1}{\tau_0} = w_0 = \{v\cdot\sigma_3^{(1)}\}_{v\to 0}\cdot\frac{1}{\pi a^3} = \left(\frac{g_{ps}^2}{hc}\right)^3\cdot 0{,}22\cdot 10^{14}\,\text{сек}^{-1} \tag{9}$$

„პარანუკლონიუმის“ სიცოცხლის ხანგრძლივობა ორმეზონიანი ინიჰილაციის მიმართ და „ორთონუკლონიუმის“ სიცოცხლის ხანგრძლივობა სამმეზონიანი ანიჰილაციის მიმართ მეტად მცირეა იმ შემთხვევაშიც კი, თუ დავუშვებთ ძლიერ სუსტ მეზო-ნუკლონურ კავშირს: $\frac{g_{ps}^2}{hc} \ll 1$.

ამგვარად, პრაქტიკულად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ სისტემა „ნუკლონიუმი“ თითქმის მყისიერად იშლება ორი ან სამი მეზონის ემისიით.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 17.4.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. Е. Асрибеков. К теории аннигиляции нуклон-антинуклонных пар. Сообщения АН ГССР, т. XV, № 8, 1954.
2. В. Гайтлер. Квантовая теория излучения, ГИТТЛ, 1938, стр. 102.
3. А. Соколов и Д. Иваненко. Квантовая теория поля, ГИТТЛ, 1952, стр. 329.
4. В. Е. Асрибеков. Аннигиляция нуклон-антинуклонных пар. Автореферат диссертации, 1953.

ქიმია

უ. ბრეგვაძე

# მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრა ორვალენტოვანი რკინის თანაობისას მანგანუმის კარბონატულ მადნებში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა რ. აგლაძემ 5.7.1954)

მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრისათვის მას აღადგენენ მჟაუნმჟავას ტიტრიანი ხსნარით, რომელსაც უმატებენ ჭარბი რაოდენობით და ახდენენ აღმდგენლის ნაჭარბის (რეაქციის გარეთ დარჩენილი რაოდენობის) უკუტიტვრას პერმანგანატის ტიტრიანი ხსნარით. პერმანგანატის ხსნარის ტიტრს ადგენენ ყრუ ცდის ჩატარებით. უეჭველია, რომ სინჯში ძლიერი აღმდგენლის არსებობისას უკანასკნელი შეიძლება გაიტიტროს პერმანგანატით მჟაუნმჟავასთან ერთად და, მაშასადამე, მცდარ შედეგებამდე მიგვიყვანოს. ამასთან, შეცდომის სიდიდე დამოკიდებული იქნება საკვლევ მადანში აღმდგენლის რაოდენობაზე.

მსგავს მოვლენას კიდევაც ჰქონდა ადგილი ჩვენს მუშაობაში მანგანუმის კარბონატული მადნების ანალიზების დროს. აღნიშნულ მადნებში მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრისას იყო შემთხვევები, როდესაც წონაკი + მჟაუნმჟავაზე მეტი პერმანგანატი იხარჯებოდა, ვიდრე მარტო მჟაუნმჟავაზე (ყრუ ცდაზე), ე. ი. ვპოულობდით მჟაუნმჟავას იმაზე მეტ რაოდენობას, ვიდრე იყო შეყვანილი.

ამგვარად, მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრისათვის მანგანუმის კარბონატულ მადნებში ოქსალატური მეთოდი ჩვეულებრივი სახით უვარგისი აღმოჩნდა.

ჩვენ ჩავატარეთ მუშაობა ხელისშემშლელი ფაქტორის ძიების მიზნით.

ცდით დამტკიცდა, რომ ხელისშემშლელ გავლენას ახდენს აღნიშნულ მადნებში სიდერიტის ($FeCO_3$) სახით არსებული ორვალენტოვანი რკინა, რომელიც რაოდენობრივად იტიტრება მჟაუნმჟავასთან ერთად.

ამ მდგომარეობამ გვაიძულა მოგვეძებნა მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრისას ორვალენტოვანი რკინის ხელისშემშლელი გავლენის მოსპობის გზა.

ლიტერატურაში არ გვხვდება მონაცემები ორვალენტოვანი რკინის თანაობისას მანგანუმის ორჟანგის ექსპრეს-განსაზღვრის შესახებ.

ვ. ტ ო მ ი ლ ო ვ ი [1] ჯერდება იმის აღნიშვნას, რომ აქტიური ჟანგბადის განსაზღვრისას პიროლუზიტში მყოფ რკინას როგორც $Fe_2O_3$-ის, ისე $Fe_3O_4$-ის სახით, შეუძლია გახდეს შეცდომის წყარო.

ა. ლ ა ვ რ უ ხ ი ნ ა თავის შრომაში [2] სხვადასხვა ვალენტობის მანგანუმის ჟანგეულების განსაზღვრის შესახებ მათი ერთად ყოფნისას არ ეხება რკინის გავლენას.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ ორვალენტოვანი რკინის თანაობისას მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება იმგვარად, რომ არსებულ ოქსალატურ მეთოდთან შედარებით განსაზღვრის ხანგრძლივობა არსებითად არ გაგვედიდებინა. რომელიმე კომპონენტის განსაზღვრისას რკინის ხელისშემშლელი გავლენის მოსპობას ჩვეულებრივად უხსნად ნაერთში ან კომპლექსში მისი გადაყვანით ახორციელებენ.

პირველი ხერხი ჩვენს შემთხვევაში მიუღებელია, რადგან დალექვასა და შემდგომ გაფილტვრასთან დაკავშირებულ ოპერაციებს შეუძლიათ იმდენად გაართულონ მეთოდი და გაზარდონ განსაზღვრის ხანგრძლივობა, რომ მეთოდი უვარგისი გახდეს ქარხნული კონტროლისათვის.

გაცილებით უფრო მარტივია კომპლექსში შეკავშირება,

ლიტერატურაში ცნობილია [3] ორვალენტოვანი რკინის მხოლოდ ორი კომპლექსი, რომლებიც მდგრადი არიან მჟავე არეში:

კომპლექსი $[Fe(phen)_3]x_2$, სადაც phen ო-ფენანტროლინის მოლეკულაა, და კომპლექსი $[Fe(Dp)_3]x_2$, სადაც DP — $\alpha\alpha'$ დიპირიდილის მოლეკულაა.

მაგრამ ეს ხერხიც მიუღებელია ჩვენი მიზნისათვის, რადგან აღნიშნულ კომპლექსებს:

1) ფერი აქვთ და ამით ხელს უშლიან ეკვივალენტური წერტილის დაჭერას;

2) განიცდიან დაჟანგვას.

ამის გამო მუშაობა წარვმართეთ ინდიკატორის შერჩევის მიმართულებით, რომლის აღდგენითი უნარი ნაკლებია, ვიდრე ორვალენტოვანი რკინისა, მაგრამ მეტია, ვიდრე მჟაუნმჟავასი.

ვვარაუდობდით, რომ ასეთი ინდიკატორის დაჟანგვა დაიწყება $Fe^{2+}$-ის სრული დაჟანგვის შემდეგ და მჟაუნმჟავას დაჟანგვის დაწყებამდე, ანუ გვიჩვენებს გადასვლის წერტილს.

ინდიკატორად გამოცდილ იქნა დიფენილამინი, რომელიც ფერს იცვლის $Fe^{2+}$-ის დაჟანგვის შემდეგ [4].

დ. ე რ ი ს თ ა ვ ი [5] ორვალენტოვანი რკინით სამვალენტოვანი მანგანუმის გატიტვრისას საუკეთესო ინდიკატორად აყენებს $\alpha\alpha'$ — დიპირიდილს. ინდიკატორად დიფენილამინის გამოყენებისას მან არადამაკმაყოფილებელი შედეგი მიიღო. ამის მიზეზი ის არის, რომ ორვალენტოვანი რკინის მარილით დამჟანგველების გატიტვრისას დიფენილამინის დაჟანგული ფორმა (გოლოხინოიდი) დიფენილამინად არასრულ აღდგენას განიცდის, ამასთან ნაწილობრივ გარდაიქმნება მწვანე ფერის უხსნად მერიხინოიდად [6], ხოლო კალიუმის ბიქრომატით ორვალენტოვანი რკინის ტიტვრისას დიფენილამინი მშვენიერი ინდიკატორია [6].

ცდებმა გვიჩვენა, რომ აღნიშნული ინდიკატორი ორვალენტოვანი რკინის სრული დაჟანგვის შემდეგ იჟანგება, მაგრამ მჟაუნმჟავაც იჟანგება მასზე ადრე 70C° ტემპერატურაზე ტიტვრისას; ასეთი ტემპერატურა კი აუცილებელი პირობაა პერმანგანატით მჟაუნმჟავას ტიტვრისათვის.

ცდით დამტკიცდა, რომ თუ ტიტვრას მოვახდენთ 12°C-ზე დაბლა, დიფენილამინი მჟაუნმჟავაზე ადრე იჟანგება და ასეთ პირობებში სრულიად ადვილია გადასვლის წერტილის დაჭერა.

ტიტვრას ვიწყებთ 12°C-ზე დაბალ ტემპერატურაზე და იისფრად ხსნარის შეფერვისას, რაც ორვალენტოვანი რკინის სრული დაჟანგვის ნიშანია. ტიტვრას ვაგრძელებთ 70°C-ზე მეტ ტემპერატურისას.

ხსნარის ტემპყრატურის აწევას ვახორციელებთ ხუთმაგი მდუღარე გამოხდილი წყლის მიმატებით ისევე, როგორც ეს ჩვეულებრივადაა მიღებული ოქსალატური მეთოდით მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრისას.

ამ მომენტის შემდეგ პერმანგანატი მარტო მჟაუნმჟავაზე იხარჯება.

ასეთი მეთოდით ანალიზის ჩატარებისას საჭიროა ინდიკატორის შესწორების შეტანა. ორვალენტოვანი რკინის დაჟანგვის ბოლოდ ითვლება ცისფერ-მოყვითალო ან მწვანე-მორუხო ფერის გადასვლა იისფერში, მჟაუნმჟავას დაჟანგვის ბოლოდ კი ვარდისფერად შეფერვა.

იისფერი შეფერვის გაჩენისას ხსნარს უნდა მივუმატოთ კიდევ რამდენიმე წვეთი პერმანგანატი მდუღარე წყლით განზავებამდე, რომ ინდიკატორის დაჟანგვა მჟაუნმჟავას დაჟანგვის დაწყებამდე დამთავრდეს.

ოქსალატური მეთოდი ასეთი სახეცვლილებით გამოცდილ იქნა ხელოვნურად მომზადებულ ნარევებზე. შედეგები მოცემულია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

| №№ რიგზე | შეტანილია | | ნახულია | შეცდომა |
|---|---|---|---|---|
| | $MnO_2$ გ | $Fe^{2+}$ გ | $MnO_2$ გ | |
| 1 | 0,2545 | 0,04338 | 0,2550 | +0,0005 |
| 2 | 0,2545 | 0,02992 | 0,2550 | +0,0005 |
| 3 | 0,2545 | 0,2190 | 0,2543 | −0,0002 |
| 4 | 0,2545 | 0,1146 | 0,2552 | +0,0007 |
| 5 | 0,2540 | 0,0146 | 0,2545 | +0,0005 |
| 6 | 0,2555 | 0,0220 | 0,2560 | +0,0005 |
| 7 | 0,2560 | 0,0440 | 0,2555 | −0,0005 |
| 8 | 0,2550 | 0,1440 | 0,2555 | +0,0005 |

ცხრილი 2

| №№ რიგზე | ჭიათურის მანგანუმის კარბონატული მადნები | ნახულ იქნა $MnO_2$%-ით | |
|---|---|---|---|
| | | ოქსალატური მეთოდით | სახეშეცვლილი ოქსალატური მეთოდით |
| 1 | კარბონატული მადანი 38/3 | 33,09 | 36,04 |
| 2 | „ „ 78/1-ა | არ აღმოჩნდა | 5,57 |
| 3 | „ „ 78/2-ა | „ „ | 3,28 |
| 4 | „ „ 80/1-ა | „ „ | 2,72 |
| 5 | „ „ 86/1-ა | „ „ | 2,46 |
| 6 | „ „ 30/2 | 1,83 | 14,74 |
| 7 | „ „ 30/7 | 1,33 | 4,10 |
| 8 | „ „ 19/1 | არ აღმოჩნდა | 3,28 |
| 9 | „ „ 376/36 | „ „ | 2,68 |
| 10 | „ „ 374/17 | „ „ | 5,80 |

ხელოვნურ ნარევებზე დამაკმაყოფილებელი შედეგების მიღების შემდეგ დაყენებულ იქნა ცდები მანგანუმის კარბონატულ მადნებში $MnO_2$-ის განსაზღვრის მიზნით (იხ. ცხრილი 2 ).

როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, ოქსალატური მეთოდი წამოყენებული სახეცვლილებით წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული მანგანუმის კარბონატული მადნების ანალიზებში.

სამვალენტოვანი რკინის გავლენა ჩვენ არ შეგვისწავლია, რადგან ჭიათურის მანგანუმის კარბონატულ მადნებში მისი შეცულობა უმნიშვნელოა.

## ანალიზის მსვლელობა

წმინდად დაფხვნილი მადნის წონაკს 0,3 გ ათავსებენ 1 ლიტრი მოცულობის კონუსურ კოლბაში, უმატებენ 25 მლ 0,25 N მჟაუნმჟავას ხსნარს, 50 მლ გოგირდმჟავას (1 : 4) და აცხელებენ წყლის აბაზანაზე ან ელექტრომახურებელზე მადნის სრულ გახსნამდე.

ამ დროს ხდება მანგანუმის ორჟანგის აღდგენა. ამის შემდეგ კოლბას გადმოიღებენ აბაზანიდან, აცივებენ ონკანის ქვეშ წყალსადენის წყლით 12°C-ზე დაბალ ტემპერატურამდე, უმატებენ დიფენილამინის 0,2%-ანი გოგირდმჟავა ხსნარის 3 წვეთს და ხსნარს, რომლის მოცულობა 100 მლ-ს არ უნდა აღემატებოდეს, ტიტრავენ პერმანგანატის 0,1N ხსნარით მდგრად იისფრად შეფერვამდე.

დიფენილამინის ხსნარი უნდა მიემატოს განსაზღვრული მინიმალური რაოდენობით. თუ ხსნარში 0,2%-ანი დიფენილამინის ხსნარის 3 — 4 წვეთზე მეტია მიმატებული, პერმანგანატით მისი ტიტვრისას ჩნდება ინტენსიური იისფერი შეფერვა, რომელსაც შეუძლია დაფაროს ვარდისფერი შეფერვა და ამით ხელი შეუშალოს გატიტვრის ბოლო წერტილის დაჭერას.

მეორე მხრით, თუ ხსნარს დიფენილამინის 3 წვეთზე ნაკლებს მივუმატებთ, გატიტვრისას მიიღება ძნელად შესამჩნევი იისფერი შეფერვა.

გასატიტრ ხსნარში მისამატებლად ყველაზე ოპტიმალური რაოდენობაა დიფენილამინის 0,2%-ანი ხსნარის 3 წვეთი.

ასეთ შემთხვევაში მიიღება კარგად შესამჩნევი იისფერი შეფერვა. მეორე მხრით, მას არ შეუძლია დაფაროს ვარდისფერი შეფერვა, რომელიც გატიტვრის ბოლო წერტილის მაჩვენებელია, რადგან მდუღარე წყლით ხსნარის განზავებისას, რაც ისედაც აუცილებელია პერმანგანატსა და მჟაუნმჟავას შორის რეაქციისათვის, იისფერი შეფერვა თითქმის ქრება.

ამ მომენტამდე პერმანგანატი წვეთ-წვეთად უნდა ემატებოდეს, წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოგვეპაროს გადასვლის წერტილი, ვინაიდან პერმანგანატის უმცირესი სიჭარბით შეფერვა მუქი ხდება.

იისფერი შეფერვის გაჩენამდე პერმანგანატი $Fe^{2+}$-ის გატიტვრაზე იხარჯება. ახდენენ პერმანგანატის დახარჯული რაოდენობის ჩაწერას ($a_1$), რომლითაც შეიძლება ვიანგარიშოთ $Fe^{2+}$-ის შეცულობა მადანში. ამის შემდეგ უმატებენ კიდევ 2 — 3 წვეთ პერმანგანატს და, აზავებენ რა ხსნარს მდუღა-

რე წყლით 600 მლ მოცულობამდე (ამით წყლის ტემპერატურა აიწევს 70°C ზევით) განაგრძობენ ტიტვრას მდგრად ვარდისფერ შეფერვამდე.

მანგანუმის ორჟანგთან რეაქციაში შეუსვლელ მჟაუნმჟავაზე დახარჯული პერმანგანატის რაოდენობა (V) უდრის:

$$V = A - (a_1 + a_2),$$

სადაც $a_1$ პერმანგანატის 0,1N ხსნარის რაოდენობაა (მილილიტრობით), რომელიც დაიხარჯა $Fe^{2+}$-ის გატიტვრაზე; $a_2$ ინდიკატორზე შესწორებაა; A პერმანგანატის საერთო რაოდენობაა, რომელიც დაიხარჯა გატიტვრაზე.

V-ს გამოთვლის შემდეგ ხდება გამოანგარიშება ისე, როგორც ეს მოცემულია ოქსალატურ მეთოდში.

ინდიკატორზე შესწორება შემდეგნაირად ისაზღვრება:

ნარევს, რომელიც შეიცავს 25 მლ 0,25 N მჟაუნმჟავას ხსნარს, 50 მლ გოგირდმჟავას (1 : 4) და დიფენილამინის 0,2%-ანი ხსნარის 3 წვეთს, ტიტრავენ პერმანგანატით ისე, რომ ტიტვრას იწყებენ ცივად და იისფრად შეფერვის შემდეგ აგრძელებენ ცხლად — ვარდისფერ შეფერვამდე. ახდენენ დახარჯული პერმანგანატის რაოდენობის ჩაწერას ($X_1$).

პარალელურად ტიტრავენ ასეთსავე ნარევს, რომელიც არ შეიცავს ინდიკატორს და ჩაიწერენ დახარჯული პერმანგანატის რაოდენობას ($X_2$).

სხვაობა $X,1 - X_2 = a_2$ ინდიკატორზე შესწორებაა.

წამოყენებული მეთოდი საშუალებას იძლევა ერთ წონაკში და ერთი გატიტვრით განვსაზღვროთ $Fe^{2+}$ და $MnO_2$ პერმანგანატის ხსნარის რაოდენობა, რომელიც იხარჯება ტიტვრის დაწყებიდან იისფრად შეფერვამდე, შეესაბამება ორვალენტოვან რკინას.

$MnO_2$-ისა და $Fe^{2+}$-ის შეცულობა მადანში შემდეგნაირად იანგარიშება:

$$\%Fe = \frac{A \cdot T_{Fe} \cdot 100}{d},$$

სადაც A პერმანგანატის ხსნარის რაოდენობაა მლ; $T_{Fe}$ პერმანგანატის ხსნარის ტიტრია რკინის მიმართ; d — მადნის წონაკი.

$$MnO_2\% = \frac{B \cdot T_{MnO_2} \cdot 100}{d_1},$$

სადაც B პერმანგანატის ხსნარის რაოდენობაა მლ; $T_{MnO2}$ — პერმანგანატის ხსნარის ტიტრი $MnO_2$-ის მიმართ, $d_1$ — მადნის წონაკი.

წამოყენებული სახეცვლილი ოქსალატური მეთოდით $MnO_2$-ის განსაზღვრის ხანგრძლივობა ჩვეულებრივი სახის ოქსალატური მეთოდით განსაზღვრის ხანგრძლივობას სულ 1,5 წუთით აღემატება.

თუ საჭირო არ არის დიდი სიზუსტე, ინდიკატორზე შესწორება შეიძლება უგულებელვყოთ.

## დასკვნები

1. დამტკიცებულია, რომ ოქსალატური მეთოდი ჩვეულებრივი სახით უვარგისია მანგანუმის ორჟანგის განსაზღვრისათვის კარბონატულ მადნებში, მათში მყოფი ორვალენტოვანი რკინის ხელისშემშლელი გავლენის გამო;

2. დამუშავებულია ორვალენტოვანი რკინის თანაობისას $MnO_2$-ის განსაზღვრის ოქსალატური მეთოდის ახალი ვარიანტი, პრაქტიკულად შემოწმებული მანგანუმის კარბონატული მადნის ნიმუშებზე.

მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: მჟაუნმჟავასა და გოგირდმჟავას ნარევით სინჯის დაშლის შემდეგ თუ ტიტვრას ცივად (12°C) მოვახდენთ, ინდიკატორად დიფენილამინის თანაობისას, უკანასკნელი პერმანგანატით იჟანგება და ფერს იცვლის ორვალენტოვანი რკინის სრული დაჟანგვის შემდეგ და $MnO_2$-თან რეაქციაში შეუსვლელი მჟაუნმჟავას დაჟანგვის დაწყებამდე. ამ მომენტიდან მაღალ ტემპერატურაზე, რაც მდუღარე წყლით ხსნარის განზავებით მიიღება, პერმანგანატი მხოლოდ მჟაუნმჟავაზე იხარჯება და პერმანგანატის დახარჯული რაოდენობის მიხედვით გამოგვყავს მადანში მანგანუმის ორჟანგის შეცულობა;

3. ოქსალატური მეთოდის ჩვენი ვარიანტი საშუალებას იძლევა ერთ წონაკში ერთი გატიტვრით განისაზღვროს ორვალენტოვანი რკინა და მანგანუმის ორჟანგი.

კიროვის სახელობის შრომის დაცვის
სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 27.7.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. Е. В. Алексеевский и др. Активная двуокись марганца. ОНТИ—Химтеорет. Ленинград, 1937, стр. 72.
2. А. К. Лаврухина. Определение окислов марганца различной валентности при их совместном присутствии. I, 1949, стр. 40 — 45.
3. В. С. Сырокомский, В. Б. Авилов. Влияние комплексообразования на величину потенциала систем, имеющих аналитическое значение. Заводская лаборатория. 10, 1948, стр. 1155.
4. В. С. Сырокомский. Методы анализа железных и марганцевых руд. «Металлургиздат. Свердловск — Москва, 1950, стр. 27.
5. Д. И. Эристави и Д. Н. Барнабишвили. Определение трехвалентного марганца в марганцевой руде. Химический анализ марганцевых руд. Издательство АН ГССР, т. 9, 1942.
6. И. М. Кольтгоф, В. А. Стенгер. Объемный анализ, т. I, Госхимиздат. Москва—Ленинград, 1950, стр. 162.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XV, № 9, 1954



გეოგრაფია

ვ. ჯაოშვილი

# კახეთის მოსახლეობის გეოგრაფიისათვის

## (განსახლების საკითხი)[1]

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 28.5.1954)

ადამიანი უძველესი დროიდან ეგუება გეოგრაფიულ გარემოს და ამავე დროს თავისი აქტიური ზემოქმედებით გარდაქმნის და იყენებს ბუნებრივ პირობებს. მისი ზემოქმედება გარემოზე მით უფრო ეფექტურია, რაც უფრო განვითარებულია საწარმოო ძალები და სრულყოფილია წარმოების ხერხი. გეოგრაფიულ გარემოსთან შეგუება და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება მკაფიო გამოხატულებას პოულობს ქვეყნის ამა თუ იმ მხარის მოსახლეობის განლაგებაში. რელიეფი, ჰავა, ნიადაგები, წყლის რესურსები და მცენარეული საფარი ის მნიშვნელოვანი ბუნებრივი ფაქტორებია, რომლებსაც გარკვეულ სოციალ-ეკონომიური პირობების გადამწყვეტ მნიშვნელობასთან ერთად გავლენა აქვთ ადამიანის დასახლებაზე ტერიტორიის ამა თუ იმ ნაწილში. ამასთანავე, რაც უფრო მრავალფეროვანი და ცვალებადია მოცემულ ტერიტორიაზე აღნიშნული ფაქტორები, მით უფრო აუცილებელი და საპასუხისმგებლოა საცხოვრებელი ადგილისათვის მაქსიმალურად ხელსაყრელი პირობების შერჩევა. თუ ჩვენს დროში ამ პირობების დადგენა არ წარმოადგენს განსაკუთრებულ სირთულეს, იგივე არ ითქმის იმ ადრინდელ ისტორიულ ეპოქებზე, როდესაც იქმნებოდა დასახლების ძირითადი ზონები. კულტურის დაბალ საფეხურზე მყოფ ადამიანს, როდესაც იგი მომთაბარეობიდან ბინადარ ცხოვრებაზე გადადიოდა, მხოლოდ ხანგრძლივ დაკვირვებათა შედეგად შეეძლო შეერჩია აღნიშნული პირობები. თანამედროვე ქართული სოფლების დიდი უმრავლესობა სწორედ ასეთი ხანგრძლივი ძიებისა და დაკვირვების შედეგადაა წარმოქმნილი.

ადამიანის მიერ ბუნებრივი პირობების გონივრულად გამოყენების ტიპობრივ შემთხვევას წარმოადგენს საქართველოს ერთ-ერთი უძველესი და საკმაოდ დასახლებული მხარის—კახეთის—მოსახლეობის განლაგება. ცნობილია, რომ ეს მხარე თავისი ბუნებრივი პირობებით არ არის ერთგვაროვანი და ამის გამო მისი ტერიტორიის ყველა ნაწილიც არ შეიძლება ერთნაირად ყოფილიყო დასახლებული. პანკისის ხეობის ქვემოთ მდ. ალაზნის სანაპიროები უმეტესად დაჭაობებული იყო, ხოლო გარე-კახეთის ზეგნის დიდი ნაწილი მდ. ივრის ორივე მხარეზე გვალვიანსა და ნაკლებად გამოსაყენებელ ტერიტორიას

---

[1] ამ შრომაში განხილულია განსახლების საკითხი კახეთის ადმინისტრაციულ რაიონებში (მთათუშეთის გამოკლებით).

წარმოადგენდა, ამიტომ მოსახლეობა ფეხს ვერ იკიდებდა ამ ადგილებში. ასევე არახელსაყრელი იყო დასახლებისათვის კავკასიონისა და ცივ-გომბორის ქედის მთიანი ზონა. ამავე დროს საწარმოო ძალების სუსტი განვითარება ზღუდავდა ადამიანის ზემოქმედებას გარემოზე და აიძულებდა მას დაბეჯითებით შეერჩია ხელსაყრელი ბუნებრივი ფაქტორები. კახეთის სინამდვილეში ეს ფაქტორები დასახლებისათვის ყველაზე უფრო ხელსაყრელია მთების წინა ზონაში, იქ, სადაც ცივ-გომბორის ქედისა და კავკასიონის კალთები ვაკეში გადადის. ამიტომ სრულიად კანონზომიერად უნდა მივიჩნიოთ კახეთის მოსახლეობის უდიდესი ნაწილის ძველთაგანვე სწორედ ამ ზონაში განსახლება. ამის შედეგად კახეთში მოსახლეობა არათანაბრადაა განლაგებული: ტერიტორიის დიდი ნაწილი თითქმის დაუსახლებელია, ხოლო მთის ძირის გაყოლებით მდებარე ფართობები დასახლების დიდი კომპაქტურობით გამოირჩევა.

ცივ-გომბორის ქედი, რომელიც ზღვრად უძევს შიგნი- და გარე- კახეთს, მოსახლეობის განლაგების ორ კომპაქტურ ზონასაც გამოყოფს ერთმანეთისაგან. პირველში, რომელსაც უფრო დაბალი ჰიფსომეტრიული მდებარეობა აქვს, შიგნი-კახეთის დასახლებული პუნქტების უმრავლესობაა განლაგებული, მეორეში—გარე-კახეთისა, შედარებით მაღალი აბსოლუტური მდებარეობით.

შიგნი- კახეთის მოსახლეობის უდიდესი ნაწილი განსახლებულია კახეთის კავკასიონის სამხრეთ და ცივ-გომბორის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ კალთების ძირში, ალაზნის ველისა და მთის ფერდობების მიჯნაზე. აქ კომპაქტური განსახლების ორი ძირითადი ზოლი გამოიყოფა. პირველი კახეთის კავკასიონის სამხრეთ ციცაბო კალთების ძირს გასდევს, მეორე კი ცივ-გომბორის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ დამრეც ფერდობებს.

დასახლების პირველი ზოლი ახმეტის რაიონის სოფ. ხორბალოთი იწყება და აღმოსავლეთ-სამხრეთ-აღმოსავლეთით მიემართება; მის დაბოლოებაზე ლაგოდეხის რაიონის სოფ. ცოდნა მდებარეობს. ზოლი დაახლოებით 90 კმ გრძელდება, ხოლო სიგანე 5—6 კმ აღწევს. იგი ოთხი ადმინისტრაციული რაიონის(ახმეტის, თელავის, ყვარლისა და ლაგოდეხის) ტერიტორიაზე ვრცელდება და 60-მდე დასახლებული პუნქტისაგან შედგება, მათ შორის ერთი დაბაა (ლაგოდეხი); აქვე შედის ადმინისტრაციული რაიონის ცენტრი ყვარელი. რიგი სოფლები აქ ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენს, ზოგ შემთხვევაში კი მათ შორის მანძილი 10—12 კმ შეადგენს. დასახლებული პუნქტების სიმაღლით განლაგება დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ 500 მ-დან 300 მ (ზ. დ.) დადის. ამ ზოლში თავმოყრილია კახეთის მოსახლეობის დაახლოებით 19%.

მეორე ზოლის უკიდურესი ჩრდილო-დასავლეთი პუნქტი ახმეტის რაიონის სოფ. მატანია. აქედან სამხრეთ-აღმოსავლეთით, სიღნაღის რაიონის სოფ. ყარაღაჯამდე, ცივ-გომბორის ქედის ფერდობებისა და ალაზნის ვაკის მიჯნას თითქმის უწყვეტ ზოლად გასდევს მრავალი მსხვილი დასახლებული პუნქტი. როგორც წესი, ერთი დასახლებული პუნქტი მეორის გაგრძელებას წარმოადგენს და მხოლოდ რამდენიმე შემთხვევაში მანძილი მათ შორის 2-3 კმ შეადგენს. აქ განლაგებულია 70-მდე დასახლებული პუნქტი, მათგან ორი ქა-

ლაქია (რაიონის ცენტრები თელავი და გურჯაანი), ერთი დაბა (წნორი). ამავე ზოლს ეკუთვნის რაიონის ცენტრი ახმეტა და 30-მდე მსხვილი სოფელი, თითოეულში 2000-ზე მეტი მცხოვრებით. ამ ზოლის დასახლებული პუნქტების აბსოლუტური სიმაღლე ჩრდ.-დასავლეთიდან სამხ.-აღმოსავლეთისაკენ 650 მეტრიდან 300 მეტრამდე დადის, რაც ორივე ზოლისათვის ალაზნის ვაკის ამავე მიმართულებით დადაბლებასთანაა დაკავშირებული [1]. მეორე ზოლს 105—110 კმ სიგრძე და 2—7 კმ განი აქვს. იგი მოთავსებულია აგრეთვე ოთხი ადმინისტრაციული რაიონის (ახმეტის, თელავის, გურჯაანისა და სიღნაღის) ტერიტორიაზე, დასახლების დიდი კომპაქტურობით გამოირჩევა და კახეთის მოსახლეობის 35—36% -ს მოიცავს.

დასახლების ორივე ზოლი თუმცა ქედის ძირს გასდევს, მაგრამ ამ საერთო ნიშანთან ერთად მათ განმასხვავებელი მხარეებიც აქვთ, რაც რელიეფის თავისებურებითაა გამოწვეული. კახეთის კავკასიონის სამხრეთი კალთები ციცაბოა და მკვეთრად გამოიყოფა ალაზნის ვაკისაგან. იმის გამო, რომ ასეთ ციცაბო კალთებზე დასახლება შეუძლებელია, პირველი ზოლის სოფლები, როგორც წესი, ვაკეში მდებარეობს. მათი დიდი ნაწილი უშუალოდ ესაზღვრება მთის კალთებს, ნაწილი მისგან 0,5—1 კმ არის დაშორებული. ცივ-გომბორის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთი კალთები კი დაბოლოებაზე დამრეცია და ისინი შეუმჩნევლად გადადიან ალაზნის ვაკეში. მეორე ზოლის დასახლებული პუნქტები უმეტესად ამ მცირე დაქანების მთის დაბალ ფერდობებზეა შეფენილი, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში მთის ძირის ვაკეზეა განლაგებული.

გარე-კახეთის დასახლებული პუნქტების უმრავლესობაც, მსგავსად შიგნიკახეთისა, ცივ-გომბორის ქედის სამხრეთ-დასავლეთ კალთების ძირს გასდევს და დასახლების მ ე ს ა მ ე ზ ო ლ ს ქმნის. იმის გამო, რომ ცივ-გომბორის ქედის სიმაღლე სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ საკმაოდ სწრაფად ეცემა და მალე იგი, კარგავს რა თავის ოროგრაფიულ მთლიანობას, იშლება დაბალ მთის შტოებად [1], დასახლების აღნიშნული ზოლიც, რაც უფრო მიიწევს სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ, მით უფრო უახლოვდება ქედის თხემს და უკვე სიღნაღის რაიონის ფარგლებში იგი თვით მთის განშტოებათა თხემებს გასდევს (სოფლები: ნუკრიანი, ზემო ბოდბე, ზემო მაღარო და სხვ.). დასახლების ეს წყვეტილი ზოლი საერთო მიმართულებას წითელწყაროს რაიონის ტერიტორიაზედაც ინარჩუნებს და შირაქის ჩრდილო კიდეზე მდებარე მცირე სიმაღლის ქედზე მთავრდება. ამრიგად, კომპაქტური დასახლების ეს საკმაოდ მკვეთრად გამოსახული ზოლი დასავლეთ-ჩრდილო-დასავლეთიდან აღმოსავლეთ-სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ მიემართება სოფ. ხაშმიდან სოფ. ქვემო ქედამდე (დაახლოებით 130 კმ-ზე). ამ ზოლში 50-ზე მეტი დასახლებული პუნქტია და იქ კახეთის მოსახლეობის 23—24% ცხოვრობს. დასახლებული პუნქტებიდან სამი რაიონის ცენტრია: საგარეჯო, კაჭრეთი და წითელწყარო, რომელთაგან უკანასკნელი ქალაქის ტიპის დაბას წარმოადგენს. თითქმის ყველა დასახლებული პუნქტი აქ 600—800 მ (ზ. დ.) მდებარეობს. ამრიგად, შიგნი- და გარე-კახეთის დასახლების ძირითადი ზონების სიმაღლეთა შორის სხვაობა საშუალოდ 250—300 მ უდრის.

თუ დასახლების მეორე ზოლს ჩრდილო-დასავლეთ — სამხრეთ-აღმოსავლეთი მიმართულება აქვს, პირველი და მესამე ზოლი პარალელურია და უფრო განედურ მიმართულებას უახლოვდება, ინარჩუნებს რა დასავლეთ-ჩრდილო-დასავლეთ — აღმოსავლეთ - სამხრეთ-აღმოსავლეთ ორიენტაციას. ამავე დროს მეორე ზოლი ორივე დაბოლოებაზე მდებარე დასახლებული პუნქტებით უკავშირდება როგორც პირველ, ისე მესამე ზოლს. პირველი და მეორე ზოლის უკიდურეს ჩრდილო-დასავლეთით მდებარე სოფლებს—ხორბალოსა და მატანს—შორის მანძილი 2 კმ არ აღემატება (მათ შორის ალაზანი მოედინება); მეორე და მესამე ზოლი კი ერთმანეთს უახლოვდება ცივ-გომბორის ქედის დაბოლოებაზე. აქ ორივე ზოლს შორის მთის მაღალ კალთაზე მდებარეობს სოფ. ქვემო მაჩხაანი, რომელიც ჩვენ არც ერთი ზოლისათვის არ მიგვიკუთვნებია. იგი ესაზღვრება, ერთი მხრით, მის ზემოთ განლაგებულ სოფ. ზემო მაჩხაანს (მესამე ზოლი) და, მეორე მხრით, მის ქვემოთ მდებარე სოფ. ტიბაანს (მეორე ზოლი). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ წინათ ქიზიყად წოდებული კახეთის ეს ნაწილი მოსახლეობის დიდი სიხშირით და თავისებური განლაგებით გამოირჩევა. აქ მრავალი ხევით დასერილი ცივ-გომბორის ქედის კალთები ყოველი მხრიდან მსხვილი დასახლებული პუნქტებითაა შემოფარგლული. აქვე, ქედის მნიშვნელოვან სიმაღლეზე მდებარეობს ქ. სიღნაღი, რომელიც აგრეთვე დასახლების მეორე და მესამე ზოლს შორისაა მოთავსებული. ქიზიყი მოსახლეობის სიხშირით გვიანფეოდალურ ეპოქაშიც გამოირჩეოდა, რის ერთ-ერთ მიზეზად, გარდა ხელსაყრელი ბუნებრივი პირობებისა, ის ფაქტი უნდა მივიჩნიოთ, რომ ამ მხარეში არ იყო ბატონყმობა [5] და ფეოდალური დამოკიდებულების უღელი შედარებით უფრო მსუბუქი იყო, ვიდრე კახეთის სხვა კუთხეში.

როგორც ვხედავთ, კახეთის მოსახლეობის სამ მეოთხედზე მეტი (77—78%) განლაგებულია კომპაქტური განსახლების სამ ზოლში, მთისა და ვაკის მიჯნაზე, იქ, სადაც დასახლების ყველაზე ხელსაყრელი ბუნებრივი პირობებია. ამ პირობებს ეკუთვნის სასმელი წყლის არსებობა და ჯანსაღი ჰავა. ძველთაგანვე დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა აგრეთვე იმ ფაქტს, რომ ამ ზონაშია ყველაზე უფროვარგისი ნიადაგები ვენახისა და ხეხილის გასაშენებლად. ასეთი ნიადაგები, პირველ რიგში, იმ მდინარეებისა და ხევების გამოტანის კონუსებზეა გავრცელებული, რომელთა რიცხვი საკმაოდ დიდია კახეთში, განსაკუთრებით შიგნი-კახეთში. კახეთის ვენახების უდიდესი ნაწილი დღესაც სწორედ ამ კონუსებზეა განლაგებული. არანაკლები როლი შეასრულა იმ გარემოებამ, რომ წარსულში გარეშე მტრის მუდმივი შემოსევები აიძულებდა მოსახლეობას ტყით შემოსილი მთის ფერდობები თავშესაფრადაც გამოეყენებინა. მტრისაგან თავდაცვის გასაადვილებლად შუა საუკუნეებში მოსახლეობა ხშირად მთის მაღალ კალთებსაც იყენებდა დასასახლებლად; ზოგჯერ სოფელი გარს ერტყა ფეოდალის საგვარეულო ციხე-კოშკს. უკანასკნელი 100—150 წლის მანძილზე მთელ რიგ ადგილებში მოხდა მოსახლეობის ვაკისაკენ გადაადგილება, რასაც ხელი შეუწყო მიწის დასამუშავებელ ფართობებთან დაახლოების მისწრაფებამ.

ასეთი ტენდენციის შედეგად წარმოიქმნა უახლოეს წარსულში მსხვილი სოფლები: ქვემო ბოდბე, ქვემო მაღარო, ძველი ანაგა და სხვ.

გასული საუკუნის მიწურულამდე კახეთის მოსახლეობის მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობა (5—6%) ცხოვრობდა მთიანი ნაწილისა, ალაზნის ვაკისა და ივრის პირას მდებარე სოფლებში. ალაზნის ვაკის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში განლაგებული რამდენიმე სოფლის მცხოვრებნიც მალარიის დამღუპველი ზეგავლენის გამო გადაშენების გზაზე ყოფილან დამდგარნი [4]. ამ სოფლების რიცხვს ეკუთვნოდნენ შაქრიანი, ხორხელი, გულგული, ოქიო, კოლოთი და ალავერდი. ამ მხრივ საყურადღებოა შემდეგი ფაქტიც: 1901 წლის დასაწყისში ალაზნის პირას დაუსახლებიათ რუსეთიდან ჩამოყვანილი 120 ოჯახი. სამი წლის მანძილზე მალარიით დახოცილა ჩამოსახლებულთა უმრავლესობა. გადარჩენილი 24 ოჯახი დედოფლის წყაროს (წითელწყაროს) მახლობლად გადაუყვანიათ ამ გამანადგურებელი სენისაგან დახსნის მიზნით [2].

მხოლოდ საბჭოთა ხელისუფლების წლებში, როდესაც მკვეთრად გაიზარდა მოსახლეობის მატერიალური კეთილდღეობა და განხორციელდა რიგი ღონისძიებანი მალარიის გავრცელების კერების მოსასპობად, შესაძლებელი შეიქნა ალაზნის ვაკის ფართოდ გამოყენება დასახლებისათვის. ამ მხრივ განსაკუთრებით დიდი ცვლილებები მოხდა ტერიტორიის იმ ნაწილში, რომელიც მოქცეულია ლაგოდეხის ადმინისტრაციული რაიონის ფარგლებში. საქართველოს სხვადასხვა რაიონიდან აქ ჩამოსახლდა დიდძალი ქართველი მოსახლეობა, გაშენდა მშვენივრად დაგეგმილი და კეთილმოწყობილი მრავალი სოფელი. ალაზნის ვაკეში მდებარე სოფლები, რომელთა რიცხვი ამჟამად 45-ს აღწევს, მთის კალთებიდან დაცილებულია 5—20 კმ და დასახლების ცალკე ჯგუფს ქმნის. მცხოვრებთა რიცხვი ამ ჯგუფის სოფლებში მთელი კახეთის მოსახლეობის 12—13 %-ს შეადგენს.

სწრაფად გაიზარდა აგრეთვე მოსახლეობის რიცხვი გარე-კახეთის ზეგანზე. შირაქის ნავთის საბადოების ექსპლოატაციის გაშლამ, მემინდვრეობისა და მესაქონლეობის სწრაფმა განვითარებამ და სამგორის ველზე სარწყავი სისტემის მოწყობამ გარე-კახეთშიც მიიზიდა მოსახლეობა. გარე-კახეთის რაიონებში მოეწყო მანქანა-ტრაქტორთა სადგურების ფართო ქსელი და რამდენიმე საბჭოთა მეურნეობა. ყოველივე ამის შედეგად საგრძნობლად გადიდდა ზევრი დასახლებული პუნქტის მცხოვრებთა რიცხვი (სართიჭალის, წითელწყაროს, ზემო ქედის, არხილოსკალოს, ქვემო ქედისა და სხვ.) და შეიქმნა რიგი ახალი დასახლებული პუნქტები (მირზაანი, დიდი და პატარა შირაქი, ელდარი, უდაბნო და სხვ.)

ზემოაღნიშნული განსახლების ჯგუფების გარდა, კახეთის მოსახლეობის მცირე ნაწილი (8—9%) ივრისა და ალაზნის (პანკისის ხეობა) სანაპიროებსა და მთიან ზონაში ცხოვრობს.

კახეთის მოსახლეობის განლაგება ჰიფსომეტრიული ზონების მიხედვით ასეთ სურათს იძლევა:

| სიმაღლე ზღვის დონიდან (მ-ით) | მოსახლეობა პროცენტობით |
|---|---|
| 200— 400 | 24,0% |
| 401— 600 | 36,0 „ |
| 601— 800 | 35,2 „ |
| 801—1000 | 3,7 „ |
| 1001—1200 | 0,9 „ |
| 1201—1400 | 0,2 „ |

ამრიგად, კახეთის მოსახლეობის ძირითადი მასა ზღვის დონიდან 200—800 მეტრის სიმაღლეზეა განსახლებული, უმცირესი ნაწილი (4,8%) კი—800 მეტრზე ზევით, ცივ-გომბორის ქედის მაღალ ფერდობებზე. ამავე დროს მცხოვრებთა ის ნაწილი, რომელიც 200—600 მეტრის ფარგლებშია განსახლებული, ძირითადად შიგნი-კახეთის მოსახლეობისაგან შედგება, მაშინ როდესაც გარე-კახეთის ზეგნის მოსახლეობის აბსოლუტური უმრავლესობა 600—800 მეტრის სიმაღლეზეა განლაგებული. საერთოდ, ალაზნის ვაკესა და მის მომიჯნავე მთის ფერდობებზე განლაგებულია კახეთის მოსახლეობის 71%, ხოლო გარე-კახეთის ზეგანსა და მისკენ დახრილ მთის კალთებზე—29%.

კახეთის მოსახლეობის უდიდესი ნაწილი ქართველებისაგან შედგება. საკმაო რაოდენობით ცხოვრობენ აგრეთვე ჩამოსახლებული რუსები, აზერბაიჯანელები და სომხები.

იმის გამო, რომ კახეთმა წარსულში მრავალგზის განიცადა აოხრება, მკვიდრი მოსახლეობის რიცხვი აქ ხშირად კატასტროფულად ეცემოდა, რის შედეგადაც ადგილი ჰქონდა როგორც ქართველების, ისე სხვა ხალხების ჩამოსახლებას. აზერბაიჯანელები და სომხები ჯერ კიდევ საშუალო საუკუნეებში ჩამოასახლეს.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარსა და 900-ან წლებში მეფის მთავრობამ კახეთში რუსი მოსახლეობის რამდენიმე კოლონია მოაწყო. მათ შორის აღსანიშნავია დედოფლის წყარო (წითელწყარო), სვეჩინო (ჯაფარიძე), ბოგდანოვკა, მალხაზოვკა (კრასნოგორსკი), კელმეჩური (ულიანოვკა), გომბორი, ლაგოდეხი და სხვ. გარდა რუსეთიდან ჩამოსახლებული გლეხებისა (რომელთა დიდი ნაწილი სხვადასხვა რელიგიური სექტის მიმდევარი იყო და ამიტომ მეფის ხელისუფლების დევნას განიცდიდა), ზოგიერთ აღნიშნულ პუნქტში სახლდებოდნენ იქ დაბინავებული სამხედრო ნაწილებიდან დემობილიზებული ყოფილი რუსი ჯარისკაცები. ამავე პერიოდში კახეთში ქართველებით დასახლებული რიგი ახალი სოფლები შეიქმნა. მათ რიცხვს ეკუთვნის გარე-კახეთის ზეგნის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში განლაგებული სოფლები: ზემო ქედი, ქვემო ქედი, არხილოსკალო და სხვ.

საბჭოთა ხელისუფლების წლებში შექმნილმა ახალმა სოციალ-ეკონომიურმა პირობებმა უდიდესი ბიძგი მისცა კახეთის მოსახლეობის როგორც ბუნებრივ, ისე მექანიკურ ზრდას. ნაცვლად 1926 წლის 290 978 სულისა, კახეთის მოსახლეობამ 1939 წელს ჩატარებული აღწერის მონაცემებით 364 608 სულს მიაღწია. თუ გასული საუკუნის მიწურულში მოსახლეობის საშუალო წლიური ზრდა კახეთში 0,7%-ს არ აღემატებოდა [3], 1926—1939 წლებში

ეს მაჩვენებელი 1,9%-ს უდრიდა. განსაკუთრებით სწრაფად იზრდებოდა ქალაქების მოსახლეობა; 1926 წლის 22049 სულის ნაცვლად იგი 1939 წელს 34467 სულს შეადგენდა, ანუ საშუალო წლიური ზრდა 4,3%-ს უდრიდა. მიუხედავად ამისა, კახეთში ქალაქის მოსახლეობის ხვედრითი ოდენობა, მოსახლეობის მთელ რაოდენობასთან შედარებით, მაინც მცირე იყო და იმავე წელს შეადგენდა მხოლოდ 9,5%-ს, ანუ სამჯერ და კიდევ უფრო მეტად ჩამორჩებოდა მთლიანად საქართველოს ანალოგიურ მაჩვენებელს. კახეთისა და მთლიანად საქართველოს ქალაქის მოსახლეობის ხვედრით ოდენობას შორის ასეთი დიდი განსხვავება იმის შედეგია, რომ კახეთი ძირითადად სოფლის მეურნეობის რაიონს წარმოადგენს, სადაც საკმაოდ განვითარებულია მემინდვრეობა, მევენახეობა და მესაქონლეობა და მოსახლეობაც უმთავრესად მეურნეობის ამ დარგებშია ჩაბმული.

1939 წლის აღწერის მიხედვით კახეთში ცხოვრობდა საქართველოს სსრ მთელი მოსახლეობის 10,3%; ერთ კვ. კმ 32,2 კაცი, რაც დიდად ჩამორჩება მთლიანად რესპუბლიკის მოსახლეობის საშუალო სიხშირეს (51 კაცი 1 კვ. კმ). ასეთი ჩამორჩენის ძირითად მიზეზს, ერთი მხრით, კვლავ ქალაქის მოსახლეობის სიმცირე წარმოადგენს, მეორე მხრით კი ის გარემოება, რომ კახეთის ტერიტორიის საგრძნობი ნაწილი ინტენსიური სოფლის მეურნეობისათვის ჯერჯერობით გამოუსადეგარია და ამიტომ სუსტადაა დასახლებული. რაც შეეხება მხოლოდ სოფლის მოსახლეობის სიხშირეს, ამ მხრივ კახეთი შედარებით ნაკლებად ჩამორჩება მთლიანად საქართველოს სოფლის მოსახლეობის საშუალო სიმჭიდროვეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.5.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Н. Джавахишвили. Геоморфологические районы Грузинской ССР. Изд. АН СССР, М.-Л., 1947.
2. Д. Ахвледиани. Население Кахетии. Тифлис, 1909.
3. В. П. Ляхов. Военно-статистическое описание Тифлисской губернии и Закатальского округа. Тифлис, 1902.
4. შ. გოგებაშვილი. შიგნი-კახეთის მოსახლეობა. თბილისი, 1953.
5. Кахетия. Приложение к справочной книге сторожила «Кавказ». Тифлис, 1891.

გეოგრაფია

ი. პავლიაშვილი

# ჰიდროლოგიური ხელსაწყო „ტუმბო“

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 21.8.1954)

ცნობილია, რომ მიმდინარე და, განსაკუთრებით, დამდგარ წყალს სიღრმის ზრდასთან ერთად ტემპერატურის ცვალებადობის, ქიმიური შედგენილობის, პლანქტონისა და ატივნარებული ნაწილაკების რაოდენობის სხვადასხვაობა ახასიათებს.

წყლის ჩამოთვლილ თვისებათა შესასწავლად საჭიროა სხვადასხვა სიღრმეზე ტემპერატურის გაზომვა და სინჯის ამოღება. წყლის თერმიული რეჟიმის შესასწავლად თერმომეტრებს (გადასაბრუნებელს და ჩვეულებრივს) ხმარობენ, ხოლო წყლის სინჯის ამოსაღებად—ბათომეტრებს. ჩვეულებრივად იხმარება ჟუკოვსკისა და საერთაშორისო ტიპის ბათომეტრები—მეიერის ბოთლი და ბათომეტრ-ბოთლები. პლანქტონის დაჭერას სხვადასხვა ზომისა და სიმტკიცის ბადეებით აწარმოებენ.

ჩამოთვლილი ხელსაწყოები წარმატებით გამოიყენება როგორც დიდ, ისე მცირე მოცულობის წყალსაცავებში, მაგრამ ხელსაწყოთა სიფაქიზის, დიდი მოცულობისა და წონის გამო, საველე და განსაკუთრებით მაღალმთიანი რელიეფის პირობებში, მათი გამოყენება რამდენადმე გაძნელებული და მოუხერხებელიცაა. მთიანი რელიეფის სირთულის, ჰიდროლოგიური ობიექტების სხვადასხვა სიმაღლეზე განლაგებისა და, ხშირად, მიუდგომლობის გამო, გეოგრაფს ძნელ პირობებში უხდება მუშაობა. ამიტომაც ზემოაღნიშნული ხელსაწყოებით დაკვირვებების წარმოება ზოგჯერ შეუძლებელი ხდება.

საკვლევ ობიექტზე საველე დაკვირვების წარმოების გაადვილების მიზნით, უმჯობესია ქვემოთ აღწერილ ხელსაწყოს ხმარება, რომელიც მსუბუქია და მთიანი რელიეფის პირობებში ადვილად მოსახმარია. ხელსაწყო (ჩვენ მას „ტუმბო“ ვუწოდეთ), წყლის გამოკვლევასთან დაკავშირებულ საკითხებზე (წყლის ტემპერატურული რეჟიმის დადგენა, სხვადასხვა სინჯებისა და პლანქტონის მთავარ სახეობათა გარკვევა) გეოგრაფს საკმაოდ დამაკმაყოფილებელ შედეგს აძლევს. ხელსაწყო კომბინირებულია და ერთდროულად მისი საშუალებით შესაძლებელია ტემპერატურის გაზომვა, ქიმიური ანალიზებისა და სიმღვრივისათვის წყლის სინჯის აღება და პლანქტონის დაჭერა.

## ხელსაწყოს აღწერილობა

ხელსაწყო (ნახ. 1. A) წარმოადგენს 550 მმ სიგრძის უჟანგავი ლითონის მილს, რომლის დიამეტრი 45 მმ-ია და 2,5 კგ იწონის. ლითონის ცილინ-

დრულ მილში (a) მოთავსებულია დგუში (1) სახელურით (2). დგუში ცალმხრივ ამოზნექილი ერთმანეთზე შებრუნებულად დამაგრებული ტყავის ორი (3,4) საცობისაგან შედგება. საცობები ლითონის მილის (a) კედლებს მჭიდროდ ეხებიან. „ტუმბოს“ ბოლოში ორი სარქველია (5,6) მოთავსებული (პირდაპირი (5) და შებრუნებული (6)), რომლებშიც ფოლადის პატარა ბურთულები (7,8) და სუსტი ზამბარაკებია (17,18). „ტუმბოს“ მეორე ნაწილს წყლის თერმომეტრი (ნახ. 1 C) წარმოადგენს, რომელიც წყლის ჩვეულებრივი თერმომეტრისაგან იმით განსხვავდება, რომ, რეზერვუარში (9) წყალი მხოლოდ ზემოდან, ნასვრეტიდან (10) ჩადის. ხელსაწყოს თერმომეტრს აქვს აგრეთვე დამატებითი ნაწილები: 1. 8 მმ დიამეტრის მილი (12), რომლის ერთი ბოლო შვერილით (11) ბოლოვდება, ხოლო მეორე რეზერვუარის (9) ძირამდეა ჩაშვებული; 2. რეზერვუარის (9) ძირთან მიმაგრებულია პატარა ონკანი (13) და 3. სიმძიმის დასაკიდი რგოლი (14). „ტუმბოს“ აქვს აგრეთვე 9—10 მმ დიამეტრის რეზინის გრძელი მილი.

## ტუმბოს სამუშაოდ გაწყობა და დაკვირვების წარმოება

„ტუმბო“ რომ სამუშაოდ მოვამზადოთ, ამისათვის უნდა ავიღოთ ხელსაწყოს თერმომეტრი (C), სიმძიმის დასაკიდ რგოლზე (14) დავკიდოთ სიმძიმე; შვერილაზე (11) წამოვაცმევთ რეზინის ერთ ბოლოს, სახელურზე (15) კი „ტროსს“ შევაბამთ. ამრიგად, ხელსაწყო სამუშაოდ მომზადებული გვაქვს. წყლის თერმომეტრი „ტროსით“ საჭირო სიღრმეზე წყალში უნდა ჩავუშვათ („ტროსს“ პარალელურად რეზინის მილიც გაჰყვება). ამის შემდეგ რეზინის მილის მეორე ბოლო „ტუმბოს“ შებრუნებულ სარქველს (6) უნდა წამოვაცვათ.

მუშაობას ვიწყებთ ასე: „ტუმბოს“ სახელურის (2) მაღლა აწევით ნასვრეტში (10) წყალი შევა და პატარა მილის (12) საშუალებით რეზინის მილში გადავა, მიაწვება ბურთულას (8), რომელიც ზამბარაკს (16) შეკუმშავს. ამით შებრუნებული სარქველი (6) გაიხსნება და სარქველიდან (6) წყალი „ტუმბოს“ ცილინდრულ მილში (a) შევა. ამ დროს პირდაპირი სარქველი (5) მჭიდროდ არის დახურული ზამბარაკის (17) გაჭიმვისა და „ტუმბოს“ სახელურის (2) აწევის გამო. როცა „ტუმბოს“ სახელურს (2) დავაწვებით, დაწოლისა და ზამბარაკის (16) გაჭიმვის ძალით ბურთულა (8) მჭიდროდ მიკეტავს შებრუნებულ სარქველს (5). ამავე დაწოლის ძალით წყალი მიაწვება ბურთულას (7), ზამბარაკი (17) შეიკუმშება, ე. ი. პირდაპირი სარქველი (5) გაიხსნება და სიღრმიდან ამოწოვილი წყალი წყლის ზედაპირზე ამოდის.

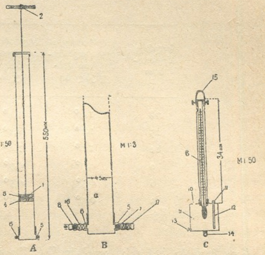
„ტუმბოს“ სახელურის ასეთი აწევ-დაწევით სიღრმიდან ერთ წუთში თავისუფლად შეიძლება 8—9 ლიტრი წყლის ამოქაჩვა.

## „ტუმბოს“ საშუალებით წყლის ტემპერატურის გასაზომად სინჯისა და პლანქტონის აღება

„ტუმბოს“ საშუალებით გარკვეულ სიღრმეზე წყლის ტემპერატურის გასაზომად საჭიროა რეზინის მილი, რომელიც სარქველზეა (6) წამოცმული. იგი

უნდა მოვხსნათ, თავი გადავუღუნოთ და კარგად შევკრათ, რათა მილში მყოფი წყალი რეზერვუარში (9) უკან არ ჩავიდეს. შემდეგ წყალში ჩაშვებული ხელსაწყოს თერმომეტრს ამოვიღებთ და თერმომეტრზე ანათვალს ჩავიწერთ.

იბადება კითხვა: როცა თერმომეტრი წყალში ჩავუშვით, რეზერვუარში (9) ხომ არ შევიდა ჩვენ მიერ არჩეული სიღრმის ზევით მდებარე ფენის წყალი?— რასაკვირველია, „ტუმბოს“ მუშაობის დაწყებამდე ზედა ფენების წყლით რეზერვუარი (9) მთლიანად გაივსება. სწორედ, „ტუმბოს“ მოწყობილობის ერთ-ერთი მოხერხებულობა იმაში მდგომარეობს, რომ რეზერვუარში შესული ზედაპირული ფენების წყალი გამოიდევნოს და არჩეული სიღრმის წყლის ტემპერატურაზე გავლენა არ მოახდინოს. რეზერვუარიდან ზედაპირული წყლის გამოდევნა „ტუმბოს“ 2—3 წუთის მუშაობის შედეგად ხერხდება. 2—3 წუთის მუშაობით 18—27 ლიტრი წყლის ამოქაჩვა შეიძლება. 18—27 ლიტრი წყალი რეზერვუარში გადის, რითაც მისი ტემპერატურა რეზერვუარის გარშემო მყოფი წყლის ფენის ტემპერატურას გაუთანაბრდება.




ნახ. 1

1954 წლის თებერვალში, მთლიანად გაყინულ ტაბაწყურის ტბაზე (რომელსაც ამ პერიოდში კარგად გამოხატული თერმიული სტრატიფიკაცია ჰქონდა) სხვადასხვა სიღრმეზე, ჩვენ ჩავატარეთ წყლის ერთისა და იმავე ფენის სიღრმის ტემპერატურების გაზომვა გადასაბრუნებელი და ჩვენი ხელსაწყოს თერმომეტრებით. მიღებული მონაცემები თანაბარია, რაც ქვემოთ მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს.

ტემპერატურის ათვლის შემდეგ, რეზერვუარის (9) ონკანს (13) უნდა წამოვაცვათ მოკლე რეზინის მილის ერთი ბოლო, ხოლო მეორე ბოლო ქიმიური ანალიზისათვის სინჯის ასაღებად წინასწარ მომზადებულ ჭურჭელში უნდა ჩავუშვათ, გავხსნათ ონკანი (13) და გავავსოთ ჭურჭელი (ქიმიური ანალიზებისათვის წყლის სინჯის აღების წესის დაცვით).

წყლის ამოტუმბვის პერიოდში ჩვენ შეგვიძლია პლანქტონის დაჭერა. ამისათვის საქაჩის სარქველს (5) უნდა წამოვაცვათ რეზინის მოკლე მილის ერთი ბოლო, ხოლო მეორე ბოლო მივუმარჯვოთ პლანქტონის საჭერ პატარა (4 სმ$^2$) ზომის ბადეს, რომელშიც გაიფილტრება პლანქტონი ისე, როგორც ეს ხდება დიდი ზომის ბადეებში. წყლის გაფილტვრის შედეგად პატარა ბადეზე მიღე-

ბული პლანქტონი, არსებული წესის მიხედვით, საანალიზოდ უნდა შევინახოთ. უნდა ვიანგარიშოთ და ჩავიწეროთ გაფილტრული წყლის მოცულობა, რათა შემდგომ მოგვეცეს პლანქტონთან დაკავშირებული გამოთვლის საშუალება.

ცხრილი

| სიღრმე მეტრობით | გადასაბრუნებელი თერმომეტრის მაჩვენებლები | ხელსაწყოს თერმომეტრის მაჩვენებლები | ჰაერის თერმომეტრის მაჩვენებლები |
|---|---|---|---|
| 18 | 1,4° | 1,4° | —5,0° |
| 15 | 1,1° | 1,1° | —5,0° |
| 12 | 1,0° | 1,0° | —4,7° |
| 9 | 0,7° | 0,7° | —4,3° |
| 6 | 0,5° | 0,5° | —4,0° |
| 3 | 0,3° | 0,3° | —4,0° |

რაც შეეხება სინჯის აღებას წყალში აქტივნარებული ნაწილაკების გამოსაანგარიშებლად, ცხადია, ეს ყოველთვის შეიძლება. სარქველზე (5) წამოცმულ რეზინის პატარა მილს სინჯისათვის განკუთვნილ ჭურჭელს მივუდგამთ და ავავსებთ ამოქაჩული წყლით. ამრიგად, მივიღებთ სინჯს აქტივნარებული ნაწილაკების გამოსაანგარიშებლად.

დროის ეკონომიის მიზნით, უმჯობესია მუშაობა წარმოებდეს შემდეგი თანმიმდევრობით: პლანქტონის დაჭერა, სინჯის აღება წყლის სიმღვრივის დასადგენად, ტემპერატურის ათვლა და სინჯის აღება ქიმიური ანალიზისათვის.

აღნიშნული „ტუმბო" ძირითადად გამოსადეგია დამდგარი წყლებისათვის, თუმცა არაა გამორიცხული, რომ იგი მიმდინარე წყლების მიმართაც კარგ შედეგს მოგვცემს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.8.1954)

ენტომოლოგია

ნ. თულაშვილი, ა. აბაშიძე და თ. ალხაზიშვილი

# მარცვლეულ კულტურათა მავნებლების წინააღმდეგ დდტ-სა და ჰექსაქლორანის გამოცდის შედეგები მცენარის ტოქსიკაციის გზით

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდაძემ 12.2.1954)

უკანასკნელ წლებში საბჭოთა კავშირში სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ მცენარის შინაგანი ტოქსიკაციის მეთოდის ეფექტურობის შესწავლის მიზნით დიდი მუშაობა ტარდებოდა. ახალი გამოკვლევებით [1, 2, 3, 4, 5, 6] დადგენილია, რომ გარდა ტოქსიკური მოქმედებისა ამ მეთოდს ზოგიერთ შემთხვევაში ახასიათებს თესლის აღმოცენების უნარის გაძლიერება, ადრეული მომწიფება, ზრდის სტიმულირება და სხვა. ამასთანავე ნიადაგში მიკრობიოლოგიური პროცესებისა და მცენარეში ბიოქიმიურ თვისებებზე ჰექსაქლორანის მოქმედების შესწავლამ [5, 6] აჩვენა, რომ ხორბლის ნათესებში (ნიადაგში) პრეპარატის შეტანის დროს იზრდება ნიადაგის მიკროფლორის ჯგუფური შემადგენლობა და ძლიერდება მიკრობიოლოგიური პროცესები, რის შედეგადაც იზრდება ნიტრატებისა და ფოსფორის მჟავას რაოდენობა. ამასთან ერთად ნიადაგის საკვები რეჟიმის გაუმჯობესება და აგრეთვე მცენარის პლაზმაზე ჰექსაქლორანის უშუალო მოქმედება მცენარის ქსოვილში იწვევს ფერმენტატული პროცესების გაძლიერებას, მორფოგენს და, რაც მთავარია, ამით ცალკეული ორგანოების პროდუქციულობის ზრდით მოსავალი თითქმის 50%-ით დიდდება.

ზემოთ აღნიშნული ტოქსიკური მოქმედება სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ და ტოქსიკაციის სტიმულირებული გავლენა მცენარეზე ახალ პერსპექტივებს სახავს სოფლის მეურნეობის კულტურების მოსავლის გადიდებისათვის.

იმისათვის, რომ დადგენილი ყოფილიყო სხვადასხვა პრეპარატისა და ტოქსიკაციის წესების შედარებითი ტექნიკური და სამეურნეო ეფექტურობა მარცვლეული კულტურების უმთავრესი მავნებლების წინააღმდეგ ბრძოლაში, საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტმა 1953 წლის განმავლობაში ჩაატარა დდტ-სა და ჰექსაქლორანის გამოცდა საველე პირობებში. ცდები ტარდებოდა პროფ. ლ. კალანდაძისა და პროფ. ს. ქარუმიძის ხელმძღვანელობით და ნატახტარის სელექციის სადგურის კახეთის ფილიალის დირექციისა და აგროპერსონალის უშუალო დახმარებით.

ცდებისათვის აღებული იყო ორი ნაკვეთი; პირველ მათგანზე (სასელექციო სადგურის ნაკვეთი) დათესილი იყო საგაზაფხულო ხორბლის ჰიბრიდი ПТ-8—45. ამ შემთხვევაში ნიადაგის დამუშავებამდე საცდელ დანაყოფებზე

მინერალურ სასუქებთან ერთად ცალ-ცალკე შეტანილი იყო 5% დდტ-სა და 12% ჰექსაქლორანის ფხვნილები და შემდეგ ამავე პრეპარატებით შეწამლული სათესლე მასალა ითესებოდა სათესი მანქანით. ჯეჯილის ამოღერების ფაზაშიც დამატებითი გამოკვების სახით მარლის იზოლატორების ქვეშ შეტანილი იყო აღნიშნული პრეპარატები მინერალურ სასუქებთან ერთად და 5—8 სმ სიღრმეზე იფარცხებოდა.

მეორე ნაკვეთზე, სადაც დათესილი იყო საშემოდგომო ხორბალი „ნოვოუკრაინკა", გაზაფხულზე ჯეჯილის ბარტყობის დროს შეტანილ იქნა აღნიშნული პრეპარატები მინერალურ სასუქებთან ერთად (დამატებითი კვება) და ჩაფარცხულ იქნა ნიადაგში იმავე წესით, როგორც პირველ ნაკვეთზე. ორივე ნაკვეთზე ცდების თითოეული ვარიანტი სამჯერ მეორდებოდა შესაფერის საკონტროლო ნაკვეთზე და თითოეული დანაყოფი 23 მ² უდრიდა.

ხორბლის მცენარის ტოქსიკაციის მოქმედება იცდებოდა ქერის ბუგრების, მწვანეთვალა ბუზისა და თავწვეტა ბაღლინჯოს (გადაზამთრებული ბაღლინჯოები და პირველი თაობის მატლები) წინააღმდეგ. მავნებლის სიკვდილიანობას ვადგენდით ნაკვეთებზე სპეციალურად დადგმულ მარლის სათავსურებში (35×35×100 სმ). აქ აღრიცხვა ტარდებოდა დღიდან მავნებლის გაშვებისა ორი და ოთხი კვირის შემდეგ. ამასთანავე ამავე საცდელ ნაკვეთებზე პრეპარატების ტოქსიკური და პროფილაქტიკური მოქმედების დასადგენად თითოეული ვარიანტიდან იღებოდა საანალიზო ძნები და მიღებული მოსავალიც აღირიცხებოდა. ამ აღრიცხვების შედეგები მოყვანილია პირველ ცხრილში.

აღნიშნული ცხრილიდან ჩანს, მწვანეთვალა ბუზის, ბუგრებისა და თავწვეტა ბაღლინჯოების მატლების წინააღმდეგ 12% ჰექსაქლორანის ფხვნილით მცენარის ტოქსიკაცია ყველა ვარიანტში საკმაო მაღალი ეფექტურობით ხასიათდება. მაგრამ უნდა ითქვას, რომ ამ მეთოდმა ზრდასრული ბაღლინჯოების მიმართ არავითარი შედეგი არ მოგვცა და არც მათ სქესობრივ პროდუქციაზე იმოქმედა.

5% დდტ ს ფხვნილის გამოცდის დროს ადგილი ჰქონდა ბუზის მატლების საგრძნობ შემცირებას, იმ დროს, როდესაც ბუგრებისა და თავწვეტა ბაღლინჯოების მიმართ ეს პრეპარატი არაეფექტური გამოდგა.

გამოკვების სახით მინერალურ სასუქებთან ერთად ნიადაგში ამ პრეპარატების შეტანამ (ბარტყობის ფაზაში) მხოლოდ პირველი სამ-ხუთი კვირის განმავლობაში მოგვცა მაღალი ტექნიკური ეფექტურობა.

რაც შეეხება მეორე საცდელ ნაკვეთს, სადაც პრეპარატები დამატებით კვებასთან ერთად ორი კვირით ადრე იყო შეტანილი (4/IV.44), ვიდრე პირველ ნაკვეთზე, მავნებლების ნათესებში გაჩენისას ტოქსიკური თვისებები მცენარეებში ორი თვის ექსპოზიციის შემდეგ დაკარგული აღმოჩნდა. როგორც ჩანს, პრეპარატების ტოქსიკურობის ასე სწრაფად დაკარგვა გამოწვეულია პრეპარატის ნიადაგში შეტანის დროს არაწესიერი ზერელე ჩახვნით, რის გამოც მათ მაღალი ტემპერატურის უარყოფითი მოქმედება განიცადეს. ამიტომ, თუ ჩვენ მხედველობაში მივიღებთ იმას, რომ მინერალური სასუქების შეტანა ად-

რე გაზაფხულზე წარმოებს ჯერ კიდევ მავნებლის გამოჩენამდე და ამ უკანასკნელამდე პრეპარატს ტოქსიკურობა უკვე ეკარგება, ეს მეთოდი მავნებლებთან ბრძოლისათვის სრულიად მიუღებელია.

ცხრილი 1

მწვანეთვალა ბუზის, ბუგრებისა და თავწვეტა ბაღლინჯოს წინააღმდეგ საგაზაფხულო ხორბლის დდტ-თი და ჰექსაქლორანით ტოქსიკაციის ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებლები

| ცდის ვარიანტები საგაზაფხულო ხორბალზე | საველე პირობებში (სათავსურებში) მავნებლის რიცხობრივი შემცირება %-ით კონტროლთან შეფარდებით | | |
|---|---|---|---|
| | მწვანეთვალა ბუზის მატლები | ბუგრები | თავწვეტა ბაღლინჯოს მატლები |
| სათესლე მასალის დამუშავება 12% ჰექსაქლორანით; ხარჯვის ნორმა 2 კგ 1 ცენტნერზე | 96 | 96 | 78 |
| სათესლე მასალის დამუშავება 5% დდტ-ს ფხვნილით; ხარჯვის ნორმა 4,5 კგ ცენტნერზე | 94 | 43 | — |
| ძირითად სასუქთან ერთად 12% ჰექსაქლორანის შეტანა ნიადაგში 150 კგ 1 ჰექტარზე | 76 | 80 | 91 |
| ძირითად სასუქთან ერთად 5% დდტ-ს შეტანა ნიადაგში 220 კგ 1 ჰექტარზე | 82 | — | — |
| დამატებითი გამოკვების სახით მინერალურ სასუქთან ერთად 12% ჰექსაქლორანის შეტანა; ხარჯვის ნორმა 1 ჰექტარზე { 200 კგ<br>150 კგ | —<br>— | —<br>— | 100<br>85 |
| დამატებითი გამოკვების სახით მინერალურ სასუქთან ერთად 5% დდტ-ს შეტანა; ხარჯვის ნორმა 1 ჰექტარზე { 200 კგ<br>250 „<br>300 „ | — | — | 80<br>90<br>100 |

მავნებელთა კვების აღნიშნული ფაქტი და მათი დასახლება (ბუგრები) პრეპარატით დამუშავებულ საცდელ ნაკვეთზე (პირველი საცდელი ნაკვეთი) გვაფიქრებინებს, რომ მცენარის (ხორბალი) ტოქსიკაცია დდტ-სა და ჰექსაქლორანის პრეპარატებით დამაფრთხობლად არ მოქმედებს აღნიშნული მავნებლებზე, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ჰექსაქლორანით დამუშავებულ საცდელ დანაყოფებზე აღნიშნული იყო ბუგრების არა მარტო დასახლების საგრძნობი შემცირება (14—23%), არამედ ისიც, რომ კოლონიებში ბუგრების რიცხვი ერთეულ ეგზემპლარებამდე დავიდა, მაშინ როდესაც საკონტროლო ნაკვეთზე აღნიშნული იყო ბუგრების მრავალრიცხოვანი კოლონიები, მცენარეზე მათი დასახლების სიმჭიდროვე 44%-მდე აღწევდა. ამ დაკვირვებებით მტკიცდება, რომ ჰექსაქლორანს ტოქსიკურ მოქმედებასთან ერთად ახასიათებს როგორც პროფილაქტიკური, ისე მასტიმულირებელი თვისებები, ეს კი მკვეთრად გამოხატულია მცენარის მთელი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში.

საცდელი ნაკვეთები, დამუშავებული აღნიშნული პრეპარატებით, განსხვავდებოდა (საკონტროლოსთან შედარებით) მცენარის ძლიერი ზრდით და მუქმწვანე შეფერადებით. ამასთანავე უნდა ითქვას, რომ საგრძნობი მაჩვენებლებით ხასიათდებოდა ის მცენარეები, სადაც თესლი ჰექსაქლორანის პრეპარატებით იყო დამუშავებული.

პრეპარატების ძლიერი მასტიმულირებელი მოქმედება, როგორც ჩანს, გამოწვეულია პრეპარატის თესლთან და მცენარესთან უშუალო კონტაქტით, რაც დადებით გავლენას ახდენს მცენარის (ადრეულ ფაზაში) ქსოვილებში მიმდინარე ფერმენტაციულ პროცესებზე. ამ პრეპარატების ტოქსიკური და მასტიმულირებელი მოქმედების შედეგად მიღებულ იქნა შედარებით მაღალი მოსავალი (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

ცალკეული ორგანოების მორფოგენეზისა და მოსავლიანობის პროდუქციულობის, აგრეთვე მარცვლეულის მოსავლიანობის მაჩვენებლები საგაზაფხულო ხორბლის ნათესების ტოქსიკაციაზე ჩატარებული ცდების სხვადასხვა ვარიანტში

| ვარიანტები | თავთავის მომცემი ღეროების სიგრძე სმ-ით | მარცვლების რიცხვი თავთავში | მარცვლის აბსოლუტური წონა გრამობით | 1 ჰექტ-ზე მიღებული მოსავალი ცენტნერობით |
|---|---|---|---|---|
| სათესლე მასალის დამუშავება 12% ჰექსაქლორანის ფხვნილით | 85 | 23 | 53,3 | 23,8 |
| სათესლე მასალის დამუშავება 5% დდტ-ს ფხვნილით | 61 | 21 | 47,3 | 22,1 |
| ძირითად სასუქთან ერთად 12% ჰექსაქლ. ფხვნილის შეტანა ნიადაგში | 80 | 22 | 48 | 19,2 |
| ძირითად სასუქთან ერთად 5% დდტ-ს ფხვნილის შეტანა ნიადაგში | 58 | 20 | 46 | 18,1 |
| კონტროლი | 56 | 18 | 46 | 14,1 |

აღნიშნული ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ 12% ჰექსაქლორანით თესლის დამუშავებისას, კონტროლთან შედარებით ყველაზე მაღალი მოსავალი იქნა მიღებული (160%): მარცვლის აბსოლუტური წონა უდრიდა 115,5%-ს, თავთავში მარცვალთა რაოდენობა აღწევდა 128%-ს, ღეროს სიმაღლე კი 152%-ს (კონტროლი მიჩნეულია 100%-ად).

5% დდტ-ს პრეპარატით თესლის დამუშავებისას, როდესაც ხარჯვის ნორმა ჰექტარზე 4,5 კგ უდრიდა, მიღებულ იქნა შედარებით ნაკლები სამეურნეო ეფექტი: მოსავლის ზრდა უდრიდა 146%-ს, მარცვლის აბსოლუტური წონა 102,3%-ს, მარცვლების რაოდენობა თავთავში 117%-ს.

როდესაც აღნიშნული პრეპარატები შეტანილ იქნა ნიადაგში მინერალურ სასუქებთან ერთად, სამეურნეო ეფექტურობა, თესლის დამუშავებასთან შედარებით, გაცილებით უფრო მცირე იყო. მაგალითად, ჰექსაქლორანის დროს

მოსავალი საშუალოდ არ აღემატებოდა 112,7%-ს. დდტ-ს დროს კი 111,8%-ს. რაც შეეხება მარცვლების აბსოლუტურ წონას, იგი გადიდებულ იქნა 103%-მდე, ხოლო ჰექსაქლორანის შეტანის შემთხვევაში ასეთივე მატება მიღებულ იქნა ღეროს სიგრძის მიმართაც (140%).

ამრიგად, თუ ანალიზს გავუკეთებთ ზემოთ მოყვანილ მონაცემებს, შეიძლება ითქვას, რომ უფრო ეფექტური და პერსპექტიულია თესლის დამუშავება აღნიშნული პრეპარატებით, პირველ რიგში ჰექსაქლორანით. ეს უკანასკნელი ყველაზე მაღალი სამეურნეო და ტექნიკური ეფექტურობით და საკმაოდ ძლიერი ტოქსიკურობით ხასიათდება.

მცენარეთა ტოქსიკაციის მეთოდის უპირატესობა ბრძოლის სხვა მეთოდებთან შედარებით ის არის, რომ იგი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მავნებლების კომპლექსის წინააღმდეგ და, რაც მთავარია, ადვილად გამოსაყენებელია სოფლის მეურნეობაში, რადგან მას არ სჭირდება სპეციალური აპარატურა და შესაძლებელია იგი ჩატარდეს გუდაფშუტას წინააღმდეგ შეწამვლასთან ერთად.

## დ ა ს კ ვ ნ ე ბ ი

1. 12% ჰექსაქლორანისა და 5% დდტ-ს პრეპარატებით საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბლის სათესლე მასალის დამუშავებით მცენარის ტოქსიკაციის გზით და ამავე პრეპარატების ძირითად სასუქთან ერთად შეტანით ქერის ბუგრის, მწვანეთვალა ბუზის მატლებისა და თავწვეტა ბაღლინჯოს მატლების მიმართ მაღალი ტექნიკური ეფექტურობა იქნა მიღებული. რაც შეეხება დდტ-ს, ის ტოქსიკური აღმოჩნდა მხოლოდ მწვანეთვალა ბუზის მატლების წინააღმდეგ;

2. დადგენილია, რომ ჰექსაქლორანი მასტიმულირებლად მოქმედებს მცენარის ზრდასა და პროდუქციულობაზე. დდტ ამ მხრივ შედარებით ნაკლებმოქმედია;

3. ყველაზე მეტი სამეურნეო ეფექტურობა მიღებულია ჰექსაქლორანით სათესლე მასალის დამუშავებისას, დდტ-ს დროს კი შედარებით უფრო მცირე. მცენარის ტოქსიკაციის მეთოდის უპირატესობა იმით გამოიხატება, რომ ეს შეიძლება ჩატარდეს მაშინ, როდესაც გუდაფშუტას წინააღმდეგ აწარმოებენ თესლის შეწამვლას და მისი ჩატარების დროს სპეციალური მუშახელი და აპარატურა არ არის საჭირო;

4. მინერალურ სასუქებთან ერთად აღნიშნული პრეპარატების შეტანა დამატებითი გამოკვების სახით არავითარ შედეგს არ იძლევა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.2.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. И. Карпова. Защита посевов от повреждений шведской мухой путем обработки почвы гексахлораном. ДАН ВАСХНИЛ им. В. И. Ленина, вып. 2, 1950.
2. А. Д. Ваниев. Опыт борьбы с сельскохозяйственными вредителями с помощью инсектисида, проникающего в ткани растений. ДАН ВАСХНИЛ им. В. И. Ленина, вып. 3, 1951.
3. Е. Н. Козлова, Е. И. Дварцова. Токсикация растений органическими инсектисидами. ДАН ВАСХНИЛ им. В. И. Ленина, вып. 4, 1952.
4. И. М. Ермоленко. Опытное наземное и авиационное применение дустов ДДТ и гексахлорана против вредителей полевых культур в Алтайском крае. Труды XX пленума секции защ. с.-х. растений. М., 1952.
5. А. А. Богдарина. Влияние гексахлорана на микробиологические процессы в почве и на рост пшеницы. Труды XX пленума секции защиты с.-х. растений. М., 1952.
6. А. А. Богдарина. Общебиологические и биохимические изменения в тканях растений под влиянием гексахлорана. Труды XX пленума секции защиты с.-х. растений. М., 1952.

ექსპერიმენტული მედიცინა

მ. მაჩაბელი

# თეთრი ვირთაგვების ერითროციტების რეზისტენტობის ცვალებადობა ასაკთან და აცრილი პოლიმორფულუჯრედოვანი სარკომის განვითარების სტადიებთან დაკავშირებით

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ერისთავმა 15.4.1954)

ექსპერიმენტული სიმსივნეების დროს სისხლწარმოქმნის დინამიკის შესწავლასთან დაკავშირებით ჩვენ წინაშე დაისახა ამოცანა—პერიფერიული სისხლისა და სისხლწარმომქმნელი ორგანოების მორფოლოგიურ გამოკვლევებთან ერთად გვეწარმოებინა დაკვირვება ექსპერიმენტული სიმსივნეებით დაავადებული თეთრი ვირთაგვების სისხლის ერითროციტების ოსმოსური რეზისტენტობის ცვლილებებზე.

ლიტერატურაში არსებული მონაცემები ერითროციტების რეზისტენტობის შესახებ ადამიანის ავთვისებიანი სიმსივნეების დროს ხშირად ერთმანეთს არ ეთანხმება, ზოგჯერ კი სრულ წინააღმდეგობასაც შევხვდებით. მაგალითად, მ. შკლიარევიჩი [9], ფ. გავრილოვი [1] და ვ. კიუნსტლერი [3] აღნიშნავენ, რომ ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობა ადამიანის შინაგანი ორგანოების კიბოს დროს დაქვეითებულია, რასაც სავსებით კანონზომიერი ხასიათი ჰქონდა. ამის საწინააღმდეგოდ გ. იანოვსკის, გ. ლანგის, ნ. სოკოლოვისა და ა. კირილოვას დაკვირვებით [10] ავთვისებიანი სიმსივნეების დროს ერითროციტების მდგრადობა გადიდებულია.

რაც შეეხება ერითროციტების ოსმოსურ რეზისტენტობას ცხოველებში ექსპერიმენტულად გამოწვეული სიმსივნეების დროს, მისაწვდომ ლიტერატურაში მხოლოდ ა. ქრისტოფოროვის შრომას [7] შევხვდით. ამ ავტორის მონაცემების მიხედვით, კიბოთი დაავადებული თეთრი თაგვების ერითროციტების რეზისტენტობა მკურნალობის ჩატარებამდე მომატებული იყო. ასევე ერთადერთი ნაშრომია მიძღვნილი ერითროციტების რეზისტენტობის ცვალებადობის საკითხისადმი ცხოველების ზრდისა და განვითარების პროცესთან დაკავშირებით. ამ შრომის ავტორი, ი. კრიჩევსკაია [2], მიდის იმ დასკვნამდე, რომ ახალგაზრდა ცხოველებში ერითროციტების მდგრადობა უფრო მაღალია, ვიდრე მოზრდილ ცხოველებში.

თეთრ ვირთაგვებზე ერითროციტების ოსმოსური რეზისტენტობის შესწავლა ვაწარმოვეთ სსრ კავშირის სამედიცინო აკადემიის ქალაქ სოხუმის სამედიცინო-ბიოლოგიური სადგურის ექსპერიმენტული ონკოლოგიის ლაბორატორიაში.

გამოკვლევა ჩავატარეთ 18 ვირთაგვაზე; აქედან მოცემულ მომენტში 8-ს ჰქონდა კარგად განვითარებული პოლიმორფულუჯრედოვანი სარკომა (274 და 275 გენერაცია, პირველი გენერაცია 1939 წ. 1 სექტემბერს, *Sarcoma fusocellulare*; ცდა № 65). აცრა ერთი ცხოველიდან მეორისათვის წარმოებდა ყოველ მე-18—მე-21 დღეს. სიმსივნის ფიზიოლოგიურ ხსნარზე მომზადებული შენაწონი 0,5 კუბ. სმ შეგვყავდა მარჯვენა ბარძაყის სისქეში. ორ ვირთაგვას სიმსივნე განწოვის მდგომარეობაში ჰქონდა, 8 ჯანმრთელი ცხოველი აღებულ იქნა კონტროლისათვის.

შრომის შესრულებისას ვისარგებლეთ მ. იანოვსკის მიკროსკოპული მეთოდით, რაც საშუალებას გვაძლევდა მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა რიცხობრივ გამოგვეხატა და დაგვედგინა მათი პროცენტული დამოკიდებულება ერითროციტების საერთო რიცხვთან სისხლის ერთი და იმავე მოცულობისათვის. იმ ერითროციტების ათვლა, რომელთაც ჰემოლიზი არ განიცადეს, წარმოებდა გორიაევის კამერის საშუალებით.

ცხრილი 1

ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობა ნორმალურ მოზრდილ ვირთხებში

| ვირთაგვების ნომრები | 3% ხსნარი | 0,40% ხსნარი | | 0,35% ხსნარი | | C,30% ხსნარი | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ერითროციტების საერთო რიცხვი | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენ. | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენ. | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან |
| 1 | 8120000 | 840000 | 10,3 | 170000 | 2,0 | 35000 | 0,4 |
| 2 | 8090000 | 780000 | 9,6 | 160000 | 1,9 | 30000 | 0,3 |
| 3 | 7580000 | 460000 | 6,0 | 90000 | 1,1 | 20000 | 0,2 |
| 4 | 7100000 | 820000 | 11,5 | 110000 | 1,5 | 25000 | 0,3 |

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, ნორმალურ ვირთაგვებში ნატრიუმის ქლორიდის 0,40% ხსნარისადმი მდგრადი რჩება ერითროციტების დაახლოებით 10%, ე. ი. 90% განიცდის ჰემოლიზს. 0,30%-ანი ხსნარის მიმართ მდგრადი აღმოჩნდა ერითროციტების ერთ პროცენტზე ნაკლები, ე. ი. ჰემოლიზს განიცდიდა ერითროციტების 99%-ზე მეტი.

ამ მონაცემების შედარებისას ორი თვის ასაკის ვირთაგვებზე მიღებულ მონაცემებთან დავრწმუნდით, რომ ახალგაზრდა ცხოველთა ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობის ყველა ხმარებული კონცენტრაციის ხსნარში თითქმის ორჯერ აღემატება მოზრდილ ცხოველთა ერითროციტების რეზისტენტობას.

ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობის მატება თავის მაქსიმუმს აღწევს სიმსივნიან ვირთაგვებში. იგი ზოგჯერ ორნახევარჯერ აღემატება საკონტროლო მოზრდილი ვირთაგვების ერითროციტების ოსმოსურ მდგრადობას.

რაც შეეხება ერითროციტების რეზისტენტობას აცრილი სიმსივნის შეწოვის შემდეგ, ჩვენ შევამჩნიეთ, რომ იგი თითქმის საწყის რიცხვს უბრუნდება.

ცხრილი 2

ნორმალური ახალგაზრდა ვირთაგვების ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობა ორი თვის ასაკამდე

| ვირთაგვების ნომრები | 3% ხსნარი | 0,40% ხსნარი | | 0,35% ხსნარი | | 0,30% ხსნარი | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ერითროციტების საერთო რიცხვი | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან |
| 7 | 7200000 | 1455000 | 20,2 | 480000 | 6,6 | 95000 | 1,3 |
| 8 | 7060000 | 1120000 | 15,8 | 520000 | 7,3 | 75000 | 1,0 |
| 9 | 6900000 | 1150000 | 16,6 | 420000 | 6,0 | 100000 | 1,4 |
| 10 | 7300000 | 1200000 | 16.4 | 450000 | 6,1 | 80000 | 1,0 |

ცხრილი 3

ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობა აცრილ პოლიმორფულუჯრედოვანი სარკომის დროს ვირთაგვებში

| ვირთაგვების ნომრები | სიმსივნის ზომები | | | აცრის დრო | 3% ხსნარი | 0,40% ხსნარი | | 0,35% ხსნარი | | 0,30% ხსნარი | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | სიგრძე | სიგანე | სისქე | | ერითროციტების საერთო რიცხვი | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან |
| 11 | 5,4 | 5,5 | 4,2 | 4/II—54 | 7200000 | 1995000 | 27,7 | 645000 | 8,9 | 75000 | 1,0 |
| 12 | 3,8 | 4,2 | 3,7 | 23/II—54 | 8830000 | 2430000 | 25,5 | 905000 | 10,9 | 115000 | 1,3 |
| 13 | 3,9 | 4,5 | 4,2 | „ | 8260000 | 2010000 | 24,3 | 965000 | 11,6 | 85000 | 1,0 |
| 14 | 3,8 | 4,0 | 3,7 | „ | 8010000 | 2070000 | 25,8 | 845000 | 10.5 | 90000 | 1,1 |
| 15 | 3,7 | 3,5 | 3,4 | „ | 7810000 | 2035000 | 26,0 | 765000 | 9,7 | 95000 | 1,2 |
| 16 | 4,0 | 3,5 | 3,5 | „ | 8580000 | 1855000 | 21,6 | 660000 | 7,6 | 125000 | 1,4 |
| 17 | 3,9 | 3,5 | 3,3 | „ | 7120000 | 1590000 | 21,4 | 510000 | 7,1 | 75000 | 1,0 |
| 18 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | „ | 7500000 | 1285000 | 17,1 | 500000 | 6,6 | 80000 | 1,0 |

ჩვენ მიერ აღნიშნული ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობის მატება შეიძლება ახსნილ იქნეს მათი ფორმის ცვლილებით.

როგორც ეს ნაჩვენებია სისხლის გადასხმის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომლის ექ. ლ. ფრიდმანის მიერ [6], სფერული ფორმა, დამახასიათებელი ძველი ერითროციტებისათვის, ნაკლებად გამძლეა ჰიპოტონური ხსნარების მიმართ. მისივე გამოკვლევიდან ირკვევა, რომ ერითროციტების გამძლე ფორმას მათი ბრტყელი ფორმა წარმოადგენს. კიბოიან ავადმყოფთა სისხლის გაახალგაზრდავების ფაქტი, განსაკუთრებით მეტასტაზების დროს, რაც აღნიშნული იყო მრავალი ავტორის მიერ [4,5,8], უფლებას გვაძლევს ვიფიქროთ, რომ ამ დროს პერიფერიაზე უნდა გამოდიოდეს ბრტყელი ფორმის ახალგაზრდა ერითროციტების საგრძნობი რაოდენობა, რაც იწვევს ჰიპოტონური ხსნარებისადმი სისხლის გამძლეობის მომატებას.

ერითროციტების მდგრადობა ოსმოსური ჰემოლიზისადმი დამოკიდებულია აგრეთვე მარეგულირებელი ცენტრალური ნერვული აპარატების მდგომარეობაზე. შესაძლებელია, რომ ცხოველთა ერითროციტების მდგრადობა (ი. კრიჩევსკაია [2]) დამოკიდებულია სისხლის ბიოლოგიურ თვისებებზე, სახელდობრ, მასში სიმპათიკური ბუნების ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა რაოდენობრივ მომატებაზე, რაც მზარდი ორგანიზმის ვეგეტატური ნერვული სისტემის ფიზიოლოგიური თავისებურებებით აიხსნება. თავის მხრივ

ცხრილი 4

ერითროციტების ოსმოსური მდგრადობა სიმსივნის შეწოვის შემდეგ ვირთაგვებში

| ვირთაგვების ნომრები | 3% ხსნარი | 0,40% ხსნარი | | 0,35% ხსნარი | | 0,30% ხსნარი | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ერითროციტების საერთო რიცხვი | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან | მდგრადი ერითროციტების რაოდენობა | პროცენტული დამოკიდებულება საერთო რიცხვთან |
| 5 | 7740000 | 920000 | 11,8 | 190000 | 2,4 | 60000 | 0,7 |
| 6 | 7180000 | 820000 | 11,4 | 180000 | 2,5 | 50000 | 0,6 |

ვეგეტატური ნერვული სისტემა თავის ტვინის ქერქის მუდმივ ზემოქმედებაში იმყოფება, ამიტომ ერითროციტებიც იმ იმპულსების გავლენის სფეროში იმყოფებიან, რომლებიც ცენტრალური ნერვული სისტემის უმაღლესი ნაწილებიდან მომდინარეობენ, რაც მედიატორების საშუალებით ხორციელდება.

ჩვენ მიერ მიღებული მონაცემები შემოგომი გამოკვლევებით უნდა იქნეს განმტკიცებული; მცირე მასალა არ გვაძლევს უფლებას გამოვიტანოთ საბოლოო დასკვნები, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ჩვენთვის სრულიად ნათელია, რომ ერითროციტების ოსმოსური რეზისტენტობის საკითხი სპეციალური გა-

მოკვლევის საგანს უნდა წარმოადგენდეს არა მარტო ექსპერიმენტული სიმსივნეების მიმართ ცხოველებზე, არამედ კლინიკაშიც, რადგან ეს ტესტი შეიძლება მიემატოს იმ საშუალებათა კომპლექსს, რომელიც მოწოდებულია თანადროულ კლინიკურ დიაგნოსტიკაში ავთვისებიანი სიმსივნეებით დაავადების დროს როგორც ხელმისაწვდომი ყველა სამედიცინო დაწესებულებისათვის.

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

(რედაქციას მოუვიდა 15.4.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ф. М. Гаврилов. Осмотическая резистентность эритроцитов у раковых больных. Проблемы клинической онкологии. Челябинск, 1936, стр. 250.
2. И. П. Кричевская. О влиянии вегетативной нервной системы на осмотическую устойчивость эритроцитов. (Автореферат). Алма-Ата, 1951.
3. В. Е. Кюнстлер. О осмотической стойкости эритроцитов при раке. *Tolia Haematologia*, № 49, 1933.
4. Ю. П. Урисон. О картине крови при введении химически чистого вещества, вызывающего злокачественные опухоли. Советский врачебный журнал, № 4, 1937, стр. 264.
5. Е. И. Фрейфельд. Гематология. Медгиз, 1947, стр. 269.
6. Л. М. Фридман. Осмотическая стойкость эритроцитов при различных формах анемии. Труды Института переливания крови им. Мухадзе, сообщ. 1 и 4, Тбилиси, 1954.
7. А. А. Христофоров. О реакции оседания и осмотической резистентности эритроцитов у здоровых и раковых белых мышей до и после хлорирования. Вестник рино-ларинго-отиатрии, № 1—4, 1934, стр. 47.
8. Г. Н. Чекулаев. Изменение морфологического состава крови при раковых поражениях. Военно-мед. журнал, № 12, 1950.
9. М. Г. Шкляревич. Опыт определения стойкости красных кровяных телец при различных заболеваниях. Диссертация, 1902.
10. Г. Ф. Ланг. О диагностическом значении повышения стойкости красных кровяных телец при раке. 1901.
11. Н. Д. Соколов. К вопросу о стойкости эритроцитов. 1900.
12. А. В. Кириллова. Стойкость эритроцитов при гинекологических заболеваниях. 1925.

ფსიქოლოგია

ი. ბჟალავა

# პირობით-რეფლექსური კავშირის ორმხრივი მოქმედებისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ნ. ბერძენიშვილმა 31.1.1954)

## საკითხის დასმა

წინქცევითი და უკუქცევითი დროებითი კავშირების არსებობას არა ერთი მკვლევარი იზიარებს, მაგრამ ჯერ კიდევ უტყუარი ექსპერიმენტული ფაქტები არ მოიპოვება, რომელთა საფუძველზე შეიძლებოდეს დასაბუთებული დასკვნის გამოტანა, რომ ამ შემთხვევაში ნერვული იმპულსის გატარება წარმოებს ერთი და არა ორი გზით.

აკადემიკოსი ი. ბერიტაშვილი პირველად შეუდგა ამ საკითხის შესწავლას. მას მიუმართავს საშუალო სიძლიერის ელდენით გამოწვეული გალიზიანების მეტრონომთან შეუღლებისათვის. ცდის 134 განმეორების შემდეგ პირველად მეტრონომი მოუყვანია მოქმედებაში, მაგრამ, როგორც თვითონ აღნიშნავს, „ცალკე მეტრონომს ერთხელაც არ მიჰყოლია ფეხის რეფლექსური მოძრაობა“. საბოლოოდ იგი ასე აყალიბებს თავის მოსაზრებას: „მაშასადამე, წინა ელექტრონული გალიზიანების შეუღლებით მეტრონომის მომდევნო კაკუნთან განვითარდა არა უკუქცევითი დროებითი კავშირები[1] ქერქული კერისაკენ, რომელიც ამ კაკუნს ღებულობდა, ნერვული ელემენტისაკენ, რომელსაც ელექტრონული გალიზიანება აგზნებდა, არამედ უკანასკნელი ელემენტებიდან დამყარდა წინსვლითი კავშირი მეტრონომული აგზნების კერისაკენ“ ([1], 1936). ასეთია ექსპერიმენტული ფაქტებიდან გამომდინარე დასკვნა, თუმცა აკად. ი. ბერიტაშვილი წინაქცევითი და უკუქცევითი დროებითი კავშირების არსებობას იცავს და ასაბუთებს აგზნების შეუღლებული ირადიაციის კანონის მიხედვით.

1953 წელს მოპოვებული ექსპერიმენტული ფაქტების საფუძველზე მ. ვარგა ასკვნის: „ჩვენი ცდის შედეგები არ წყვეტენ საკითხს იმის შესახებ, არის თუ არა ყოველი რეფლექსური კავშირი ორმხრივი, ანდა იმის შესახებაც, გვაქვს თუ არა ორმხრივი კავშირის შემთხვევაში სტრუქტურულად ერთი თუ ორი გზა. ეს საკითხები შემდგომი კვლევის საგნად უნდა გახდნენ“ [2].

ასეთია ამჟამად საქმის ვითარება, რომელმაც გვიკარნახა ამ საკითხის გარშემო საკუთარი ექსპერიმენტული ფაქტები წარმოგვედგინა. ჩვენს განკარგულებაში ადამიანზე დაყენებული ცდის შედეგებია, რომელთა მიმართ ინტერესი შეიძლება გამართლებულად მივიჩნიოთ იმის გამოც, რომ ამ მიმართულებით ნაბიჯის გადადგმა, რამდენად ვიცით, არ უნდა იყოს ნაცადი.

---

[1] დაყოფა ჩვენია. ი. ბ.

## მეთოდი

ცდას წინ უძღვის სიბნელისადმი თვალების ადაპტაცია. გენერატორის (300 ჰერც. ბგერა, 6 V) მოსმენიდან 15 წამის გავლის შემდეგ ცდისპირი ორ წითელ წრეს 2 წამის განმავლობაში ხედავს. გენერატორი განაგრძობს მოქმედებას მანამ, სანამ ოპტიკური გამღიზიანებლის თანამიმდევარი ხატი არ ჩაქრება. ცდის მიმდინარეობის პროცესში ოპტიკური ეფექტის ხანგრძლივობა თანდათან მატულობს, ამიტომ მისმა სმენის გამღიზიანებელთან ერთად მოქმედებამ შეიძლება 90—100 წამამდე მიაღწიოს. ოპტიკური ეფექტის ჩაქრობის შესახებ ცნობას ცდისპირი ღილაკზე თითის დაჭერით იძლევა. ამრიგად, ექსპერიმენტის მიმდინარეობაში სიტყვით ჩარევის საჭიროება არ დგას. ოპტიკური გამღიზიანებლის ეფექტის სახით ჩვენ ნერვული სისტემის შემდგომი მოქმედების ეფექტთან გვაქვს საქმე, რომლის თავისებურებას ის შეადგენს, რომ მისი აღმოცენება, მიმდინარეობა და ჩაქრობა არ არის დამოკიდებული ცდისპირის ნება-სურვილზე. ცდათა შორის დაცული გვაქვს 1 წუთი პაუზა. ცდაში 2 ცდისპირი მონაწილეობდა და თითოეულზე ჩატარებულია დღეში 10 შემაუღლებელი ცდა. დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია ექსპერიმენტის უფრო ვრცელ აღწერას გაეცნოს ერთ-ერთ ჩვენს შრომაში [3].

## ექსპერიმენტული მასალა

ჩვენს ცდაში გენერატორის ბგერას, როგორც ითქვა, 15 წამის შემდეგ უერთდება ორი წითელი წრის, ე. ი. ოპტიკური გამღიზიანებლის განათება. ცდისპირი გენერატორს უსმენს და ამავე დროს ოპტიკური გამღიზიანებლის თანამიმდევარ ხატსაც ხედავს. მაშასადამე, ამ ორი სენსორული რეაქციის დროში დამთხვევას უნდა მოჰყვეს მათ შორის კავშირის დამყარება. ეს, თანახმად ექსპერიმენტისა, იმ შემთხვევაში აღმოჩნდება შესაძლებელი, როცა სმენისა და მხედველობის ანალიზატორთა ქერქულ პუნქტებს შორის ნერვული გზა გაიკაფება, ჩამოყალიბდება პირობით-რეფლექსური კავშირი.

შემაუღლებელი ცდის 280—300 განმეორებით მივაღწიეთ იმას, რომ სმენის პირობითი გამღიზიანებლის ამოქმედებას, ოპტიკური გამღიზიანებლის გაუნათებლად, თან სდევდა მხედველობის ქერქული პუნქტის აგზნების ეფექტის აღმოცენება. მხოლოდ გენერატორის ბგერის გაგონება საკმარისი აღმოჩნდა ცდისპირისათვის, რომ მის თვალწინ მხედველობის განათებული არე აღმოცენებულიყო. სინათლის ამ ეფექტს, როგორც ქვემოთ ვნახავთ, შეუძლია 50—55 წამი ჩაუქრობელი დარჩეს, თუ გენერატორი განაგრძობს მოქმედებას. როცა არა მარტო სმენის, არამედ მასთან ერთად მხედველობის გამღიზიანებლის განათებას მივმართავთ, ამ შემთხვევაში სინათლის ეფექტის ხანგრძლივობა 90—100 წამამდე აღწევს. ქვემოთ მოგვყავს ცხრილი, სადაც ცალ-ცალკე ნაჩვენებია როგორც ორივე, ისე ცალკე სმენის გამღიზიანებლის მოქმედების შემთხვევაში ოპტიკური ეფექტის ხანგრძლივობა წამებით (იხ. ცხრილი 1).

ცდისპირი თუ ჯერ გენერატორის ბგერას ისმენს და 15 წამის შემდეგ ოპტიკურ გამღიზიანებელს ვუნათებთ მას, ამ გამღიზიანებელთა შეუღლებული მოქმედებისას, როგორც ცხრილის ზედა მწკრივი გვიჩვენებს, მხედველობის

ცხრილი 1

ცდისპირი ნ. რ.; ცდის დასაწყისი 1 საათი და 30 წუთი

| შეუღლების წესი | ცდის მიმდინარეობა რიგის მიხედვით და ოპტიკური ეფექტის ხანგრძლიობა წამებით | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| 1. გენერატორი (300 ჰერცი) ორი წითელი წრის განათება . . . . . . | 95 | 88 | 96 | 105 | 103 | 110 | 98 | 90 | 105 | 98,5 |
| 2. გენერატორის (300 ჰერცი) მოქმედება ოპტიკური გამაღიზიანებლის გაუნათებლად . | 53 | 55 | 60 | 60,5 | 59 | 48 | 45 | 59 | 55 | 42,5 |

ქერქული პუნქტის აგზნების შედეგად აღმოცენებული სინათლის ეფექტი პირველი ცდის დროს 95 წამს უდრის, მეორე ცდაში—88 წამს, მესამე ცდაში—96 წამს, მეოთხე ცდაში—104 წამს და ა. შ. ჩვეულებრივ პირობებში, როგორც ცნობილია, სინათლის ეფექტი 18—20 წამის ფარგლებში რჩება დაუშლელი.

ცხრილის ქვედა მწკრივში წარმოდგენილია ამავე ცდისპირის შედეგები. ცდა ჩატარებულია იმავე დღეს და საექსპერიმენტო კამერიდან ცდისპირის გამოუყვანელად. ცდისპირი მხოლოდ გენერატორის ბგერას უსმენს (ოპტიკური გამღიზიანებელი გამორთულია). მიუხედავად ამისა, ამ შემთხვევაშიაც აღმოცენდება მხედველობის ქერქული კერის აგზნების ეფექტი, მაგრამ მისი ხანგრძლივობა საშუალოდ 50—55 წამს არ აღემატება. ჩვეულებრივ პირობებში სმენის ქერქული პუნქტის გაღიზიანება, როგორც ცნობილია, არასოდეს არ იწვევს თვალწინ განათებული არის აღმოცენებას. აქ კი იგი პირველი ცდის დროს 53 წამს ჩანს დაუშლელი, მეორე ცდის მიხედვით—55 წამს და ა. შ. ერთი სიტყვით, სმენისა და მხედველობის ქერქულ კერათა შორის პირობით-რეფლექსური გზა გაკაფულია და ამ გზაზე ნერვული იმპულსის წინქცევითი მიმდინარეობის უეჭველი ფაქტიც გვაქვს.

ცალკე მხედველობის სენსორული კერის შემოწმებამ გვიჩვენა, რომ მასში აგზნებულობა საგრძნობლად მომატებულია. საკმარისია ცდისპირს გავუნათოთ მხოლოდ ოპტიკური გამღიზიანებელი, რომ მისი ზემოქმედების ეფექტი თვალწინ ჩაუქრობელი დარჩეს 60—65 წამის განმავლობაში. ჩანს, რომ ძლიერი აგზნების კერა მხედველობის ქერქშია ჩამოყალიბებული, ამიტომ სმენის გამღიზიანებლის მასზე ზემოქმედება იმაში გამოიხატება, რომ ამ შემთხვევაში მხედველობის ქერქულ კერაში აგზნება ერთიორად იზრდება.

ამის გამო წარმოიქმნება სმენის პირობითი გამღიზიანებლის მოქმედების დროს მხედველობის რეცეპტორთა ქერქული აპარატის აგზნების სიმპტომი—ცდისპირის თვალწინ განათებული არე. ჩვენ მას სინათლის ეფექტი ვუწოდეთ და არა ხატი, იმიტომ რომ მასში გამღიზიანებლები არ არის წარმოდგენილი. ცდისპირის მიერ ეს ცარიელი არე არ განიცდება როგორც ცნობიერების სა-

გნობრივი შინაარსი. ეს უთუოდ იმაზე მიგვითითებს, რომ აგზნების მხოლოდ რაოდენობრივი ზრდა, რომლის არსებობა აქ ეჭვს გარეშეა, არ იძლევა იმის საბაბს, რომ აგზნებასა და შეგრძნებას შორის იგივეობა ვეძიოთ.

შეიძლება ცდა ახლა ასე დავაყენოთ: სმენის პირობითი გამღიზიანებლის მიცემის შემდეგ მასთან შეუღლებული ორი წითელი წრიდან მხოლოდ ერთი გავანათოთ, ხოლო მეორის ადგილი ცარიელი დავტოვოთ. ცდა ორივე გამღიზიანებლის შეუღლებული მოქმედებით მიმდინარეობს, ამიტომ მხედველობის ქერქულ პუნქტში აგზნება მაქსიმალურად გაძლიერებულია. მიუხედავად ამისა, ცდისპირის თვალწინ მხოლოდ იმ წრის პოზიტიური ფერის თანამიმდევარი ხატია, რომელიც ჩვენ გავუნათეთ მას, ხოლო მეორის ადგილი ცარიელი ჩანს. მეორე წრის თანმიმდევარ ხატს ცდისპირი ვერ ხედავს, მაგრამ მან იცის, რომ შემაუღლებელი ცდის მიმდინარეობის დროს იქ, სადაც ახლა ადგილი ცარიელია, მეორე წითელი წრე იდვა. ამრიგად, სავსებით იმის ანალოგიურია შედეგები, რაც ჩვენთვის სმენის პირობითი გამღიზიანებლის მოქმედებიდან არის ცნობილი. აქაც სმენისა და მხედველობის ქერქულ კერათა შორის კავშირი არსებობს, მაგრამ მათი ურთიერთობით განსაზღვრულ სინათლის ეფექტში სენსორულ რეაქციათა შეუღლებული მოქმედება არ ჩანს.

წინქცევითი კავშირების ამ ზოგიერთი თავისებურების გათვალისწინების შემდეგ ისიც ვნახოთ, მოხერხდება თუ არა ამ გზაზე ნერვული იმპულსის უკუქცევითი გატარება, ე. ი. მხედველობის ქერქული კერიდან სმენისაკენ. თუ ეს აღმოჩნდება შესაძლებელი, მაშინ ოპტიკური გამღიზიანებლის განათების მომენტიდან ცდისპირმა მასთან შეუღლებული გენერატორის ბგერა უნდა მოისმინოს. ასეთი შებრუნებით ცდის განმეორებას, როგორც ქვემომოყვანილი ოქმიდან ჩანს, დადებითი შედეგი არ მოჰყოლია (იხ. ოქმი № 1).

მხედველობის გამღიზიანებლის განათებას თან სდევს სინათლის ეფექტის აღმოცენება, რომელსაც ცდისპირი პირველ ცდაში 66,5 წამს ხედავს, მეორე ცდაში — 69 წამს, მესამე ცდაში — 72,5 წამს და ა. შ. ამ დროის განმავლობაში იგი გენერატორსაც ელოდებოდა, მაგრამ, როგორც ეს მისი ჩვენებიდან ჩანს, ბგერა მას არ გაუგონია. „არაფერი მესმის, — აცხადებდა ცდისპირი, — მაგრამ გენერატორის ბგერა ზუსტად შემიძლია გავიმეორო“.

რადგანაც პირობითი გამღიზიანებლის მოქმედება საერთოდ არა მისი ხატის, არამედ მხოლოდ აგზნების სიმპტომის აღმოცენებას იწვევს, ოპტიკური გამღიზიანებლის განათებას ის მაინც უნდა გამოეწვია, რომ ცდისპირს მოესმინა შუილი, გენერატორის რიტმული გუგუნი ან ზუილი. სინამდვილეში სმენის ქერქის გაღიზიანების ამის მსგავსი მოვლენები არც ერთ ცდისპირს არ შეუნიშნავს. ამრიგად, ჩვენ მიერ ჩამოყალიბებულ დროებით კავშირში ნერვული იმპულსის გატარება მხოლოდ წინქცევითია, მისი უკუქცევითი მოქმედების მაუწყებელი ფაქტები ჩვენს განკარგულებაში არ მოიპოვება. ამრიგად, სმენისა და მხედველობის ქერქულ პუნქტებს შორის პირობით-რეფლექსური კავშირი განსხვავებული ჩანს ასოციაციისაგან, რომლისათვის ორმხრივი მოქმედებაა დამახასიათებელი.

ოქმი № 1

| ცდის რაოდენობა | ოპტიკური გამღიზიანებელი | განათლების ხანგრძლივობა წამობით | გამღიზიანებლის ოპტიკური ეფექტის ხანგრძლივობა წამებით | სმენის სენსორული კერის აგზნების სიმტომები |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ორი წითელი წრე | 2 | 66,5″ | „არაფერი არ ისმის“ |
| 2 | „ | „ | 69,0″ | „დაძაბული ვუსმენ, მაგრამ ყურში სრული სიწყნარეა“. |
| 3 | „ | „ | 72,5″ | „სრული სიჩუმეა, ყურში აგზნებასაც ვერ ვგრძნობ“. |
| 4 | „ | „ | 68,3″ | „არ მესმის, სმენის ორგანო დამშვიდებულია“. |
| 5 | „ | „ | 63,8″ | „არაფერი არ მესმის, თუმცა მთელი არსებით ველოდები გენერატორის ხმას“. |
| 6 | „ | „ | 68,9″ | „არაფერი გამიგონია, თუმცა დარწმუნებული ვარ, გენერატორის ხმა შემიძლია აღვადგინო და ზუსტად გავიმეორო“. |

ცდა ასედაც დავაყენეთ: პირველად მხედველობის გამღიზიანებელი მოგვყავდა მოქმედებაში, ხოლო 15 წამის შემდეგ მასთან გენერატორის (300 ჰერცი) შეუღლებას მივმართავდით. გვსურდა გვენახა, წინქცევითი კავშირის არსებობა გაადვილებდა თუ არა უკუქცევითი კავშირის ჩამოყალიბებას. ამ წესით ცდა ერთ ცდისპირთან 80-ჯერ, ხოლო მეორესთან 120-ჯერ გვაქვს განმეორებული. მიუხედავად ამისა, არ გვქონია შემთხვევა, რომ მხედველობის გამღიზიანებლის განათებას გამოეწვიოს გენერატორის ბგერის მოსმენა.

ოქმი № 2

| ცდის დასაწყისი | მხედველობის გამღიზიანებელი | ოპტიკური ეფექტის ხანგრძლივობა წამ. | ცდისპირის სიტყვიერი ანგარიში |
|---|---|---|---|
| $1^{30}$ საათი | ორი წითელი წრე | 45,5 | „არაფერი მესმის, მაგრამ გენერატორის ბგერა მზად ვარ გავიმეორო“. |
| $1^{40}$ „ | „ | 46,3 | „არაფერი გამიგონია, თუმცა გენერატორის ბგერა თან მაქვს და სურვილიც მაქვს გავიმეორო. არ ისმის“. |
| $1^{55}$ „ | „ | 44,2 | „არ ისმის“. |
| $2^{5}$ „ | „ | 47,0 | „არაფერი გამიგონია, მაგრამ გენერატორის ბგერა ენაზე მაკერია; თუ გსურთ, გავიმეორებ“. |

სინათლის ეფექტის ხანგრძლივობა წინქცევითი კავშირების შემთხვევაში თუ 90—100 წამს შეადგენდა, ახლა ამავე ფენომენის ხანგრძლივობა, როგორც

ოქმიდან ჩანს, 45 წამამდეა დასული. ამ მხრივ სმენის გამღიზიანებლის მხედველობის გამღიზიანებლით შეცვლამ უარყოფითი შედეგი გამოიღო. არც უკუქცევითი კავშირების შემუშავება ჩანს გაადვილებული, თორემ შემაუღლებელი ცდის 80—120-ჯერ განმეორებას სასურველი შედეგი უნდა მოჰყოლოდა. სინამდვილეში წრეების განათება ერთხელაც არ დამთავრებულა გენერატორის ბგერის მოსმენით.

მხედველობის გამღიზიანებლის განათებას, როგორც ცდისპირთა სიტყვიერი ანგარიშიდან ჩანს, თან სდევს გენერატორის ბგერის განმეორებისაკენ მიმართული მზაობა. ამაზე მიუთითებს ცდისპირის ჩვენება: არაფერი გამიგონია, მაგრამ გენერატორის ბგერა ენაზე მაკერიაო. ეს ცდის 80—120-ჯერ განმეორებით აღმოცენებული მდგომარეობის მაჩვენებელია, საიდანაც ჩანს, რომ დროებითი კავშირების შემუშავება მხედველობის ქერქული კერიდან სმენისაკენაც ისევე უნდა იყოს შესაძლებელი, როგორც ამას ჰქონდა ადგილი ჯერ სმენისა და შემდეგ მასთან მხედველობის გამღიზიანებლის შეუღლებისას.

არ შეიძლება უყურადღებოდ დატოვება იმ გარემოებისა, რომ ცდისპირებმა პირველი შემაუღლებელი ცდიდანვე იციან, რომ ერთ-ერთი გამღიზიანებლის ამოქმედებას მოჰყვება მეორე გამღიზიანებლის მიწოდება. ამრიგად, გამღიზიანებელთა შორის კავშირი ცდისპირთა განცდაში მაშინაც არსებობს, როცა წრეებისა და გენერატორის ზემოქმედების ეფექტი გარეთ პროექცირებული ხატის სახით არ არის მოცემული.

უთუოდ უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ შემთხვევაში მეორე სასიგნალო სისტემაში დამყარებულ კავშირთან გვაქვს საქმე, რომელიც, თანახმად უმაღლესი ნერვული მოქმედების მკვლევართა მითითებისა, პირველი შემაუღლებელი ცდიდანვე ხორციელდება. სწორედ ამ მითითების საფუძველზე ისმის კითხვა: რატომ უნდა ჰქონდეს ამას ადგილი, თუ მეორე სასიგნალო სისტემაში კავშირი იმავე აგზნებისა და შეკავების საფუძველზე მყარდება? სად უნდა ვეძიოთ იმის მიზეზი, რომ ერთ შემთხვევაში გვაქვს კავშირი, მეორე შემთხვევაში კი არა? როგორ უნდა იქნეს გაგებული ამ ფაქტების საფუძველზე სასიგნალო სისტემების ურთიერთობა და აგრეთვე თითოეულთან ჩვენი ფსიქიკის დამოკიდებულება? როგორც ვხედავთ, ჩვენ წინ ჯერ კიდევ ისეთი საკითხებია, რომელნიც ინტენსიურ და ჩაღრმავებულ კვლევას მოითხოვენ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
დ. უზნაძის სახელობის
ფსიქოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.2.1954).

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. С. Беритов. Индивидуально приобретенная деятельность центральной нервной системы. 1932, გვ. 171—173.
2. М. Е. Варга. К вопросу о двухсторонних условно-рефлекторных связях. ДАН СССР, № 2, 1953, стр. 367.
3. ი. ბჟალავა. პირობით გამღიზიანებელთან შეუღლებული თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულება. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 2, 1953.

ლიტერატურის ისტორია

მ. ჩიქოვანი

# XVIII საუკუნის რუსული ხალხური სიმღერა ქართულ ენაზე

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. კეკელიძემ 21.4.1954)

ხალხთა შორის კულტურული ურთიერთობის თავისებურ უბანს მათი ფოლკლორული კავშირი წარმოადგენს.

საბჭოთა სოციალისტური ერების მდიდარი სულიერი და მატერიალური კულტურა მრავალსაუკუნოვანი მოღვაწეობის შედეგია. როგორც ცნობილია, კულტურა იზოლირებულად არ ვითარდება. ისტორიაში ხშირად თავს იჩენს პერიოდები, როცა მეზობელი ერების ცხოვრებაში მათი ინტენსიური დაახლოვება იწყება. განსაკუთრებით ეს ხელშესახები ხდება მაშინ, როცა ორი მეზობელი ერი საერთო ისტორიულ ფერხულში ებმის და წინსვლისათვის განვითარების ერთ გზას აირჩევს.

ქართველ ხალხს დიდი ხანია მჭიდრო ურთიერთობა აქვს მის მეზობლებთან. პირველ რიგში აქ აღსანიშნავია მრავალსაუკუნოვანი კულტურული, ეკონომიური და პოლიტიკური კავშირი დიდ რუს ხალხთან.

ამ წერილში საუბარი გვექნება რუსულ-ქართული კულტურული ურთიერთობის ერთი მეტად შეუსწავლელი პრობლემის შესახებ. ჩვენ მხედველობაში გვაქვს ფოლკლორული ურთიერთობანი.

ჩვეულებრივ მეზობელი ხალხების ფოლკლორული ურთიერთობა ზეპირი კონტაქტით იწყება. ფოლკლორული სიუჟეტები, ლირიკული ნაწარმოებები, მახვილსიტყვაობა, მუსიკა ერთი ქვეყნიდან მეორეში ზეპირი კონტაქტით უფრო ადრე გადადის, ვიდრე ლიტერატურით.

წერილობით ძეგლებში ფიქსირებული თარგმანები და გადამუშავებანი, თითქმის როგორც წესი, უფრო მოგვიანო ხანისაა, ვიდრე იმავე ხალხებს შორის ზეპირი ტრადიციით დამყარებული კავშირი.

ვფიქრობთ, ამ გარემოებასთან გვაქვს საქმე რუსი და ქართველი ხალხების ზეპირპოეტური ურთიერთობის სფეროშიც.

რუსეთის საზოგადოებრიობა ქართველთა ხალხური პოეტური შემოქმედებით ადრე დაინტერესებულა. ამას ადასტურებს ქართული ეპიკური ნაწარმოებების მე-18 საუკუნის რუსული თარგმანები. მე-19 საუკუნის დასაწყისში რუსმა მკვლევარებმა „მოსკოვსკი ტელეგრაფისა“ და „ტელესკოპის“ ფურცლებზე ყურადღება მიაქციეს ამ თარგმანებს. ქართული ხალხური სიტყვიერების ისტორიაში ეს ფაქტი მნიშვნელოვან მოვლენად არის მიჩნეული ([1], გვ. 229—30).

ჩვენ ამჟამად გვაინტერესებს ქართველების ადრეული დამოკიდებულება რუსული ზეპირსიტყვიერების მიმართ, სახელდობრ იმ პერიოდის დამოკიდე-

ბულება, ვიდრე საქართველო რუსეთს სახელმწიფოებრივად შეუერთდებოდა (1801 წ.).

მოიპოვება იმის უტყუარი ცნობები, რომ ქართველები ახლოს იცნობდნენ დიდი რუსი ხალის ფოლკლორულ საუნჯეს და ჯეროვნად აფასებდნენ მას ჯერ კიდევ საქართველოს რუსეთთან შეერთებამდე. განსაკუთრებით ეს ითქმის მე-18 საუკუნის პირველი ნახევრიდან, როცა რუსეთში ქართველთა კოლონიები გაჩნდა და იქ კულტურული მოღვაწეობა გააჩაღეს.

მდიდარმა რუსულმა ფოლკლორმა, მისმა ვაჟკაცურმა პოეზიამ და მუსიკამ საყოველთაო მოწონება და სიყვარული დაიმსახურა. ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ მე-18 საუკ. პოეტები დავით გურამიშვილი და მამუკა ბარათაშვილი თარგმნიან რუსული ფოლკლორული პოეზიის საუკეთესო ნიმუშებს, აცნობენ მას ქართველ მკითხველს. ჩვენი გამოჩენილი პოეტები არ დაკმაყოფილდნენ მხოლოდ თარგმანით, ისინი რუსული სასიმღერო პოეზიის შემოქმედებით გამოყენებასაც ცდილობდნენ ორიგინალური ნაწარმოებების შექმნის დროს. ამ მხრივ განსაკუთრებით დავით გურამიშვილი გამოირჩევა, რომელმაც რუსულ-უკრაინული პოეზიისა და მელოდიის საფუძველზე არა ერთი და ორი კლასიკური ლექსი შექმნა. დავით გურამიშვილს ამ მხრივ თავისი წინამორბედიც ჰყავდა. მისი ამგვარი უახლოესი წინამორბედი და თანამედროვე მამუკა ბარათაშვილი იყო.

მამუკა ბარათაშვილი ორიგინალური პოეტია. მან მე-18 საუკუნის 30-იან წლებში მოახდინა რამდენიმე რუსული ხალხური სიმღერის ფიქსაცია და ისინი ქართული ლექსის გასამდიდრებლად გამოიყენა [2].

რუსულ-ქართული ფოლკლორული ურთიერთობის თვალსაზრისით მამუკა ბარათაშვილის შემოქმედება მეტად საინტერესო მოვლენაა.

აქ ჩვენ შევეცდებით ამ თვალსაზრისით განვიხილოთ მ. ბარათაშვილის ერთი ლექსი—„ნესმუშჩაის ჴმაჲ“. ეს ნაწარმოები დაცულია საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ხელნაწერთა ფონდის S 303 კრებულში. ჩვენთვის უცნობი მიზეზის გამო ეს ლექსი მოხსენებული არ აქვს დასახელებული კრებულის აღმწერს აწ განსვენებულ ექ. თაყაიშვილს.

აღწერილობაში მოუხსენებლობა შემთხვევითი გარემოების შედეგი უნდა იყოს, რადგან ხელნაწერში ლექსი იმ 22 ნაწარმოებს შორის არის მოქცეული, რომელთა ჩამოთვლა და დასაწყისი მოცემული აქვს მკვლევარს თავის ცნობილ შრომაში ([3], გვ. 414—415).

პირველ ყოვლისა გავიცნოთ ლექსი „ნესმუშჩაის ჴმაჲ“. იგი ჯერჯერობით დაბეჭდილი არ შეგვხვედრია და ამის გამო მოვიყვანთ მთლიანად.

### ნესმუშჩაის ჴმაჲ

ა. მე ნუ მაჰშფოთებ, ჵე უსასყიდლოვ, ნუ ეჩვენები მით ჩემთა თუალთა,
ბრძანა მაღალმან, ყოვლნი გმონებდენ, და შენ უფალად იყომცა სხუათა.
შენა მე შეგიყუარო,
ტანჯვა არა ვიკმარო,
ბ სიყვარული ვისახო,
მაჰსცა სხჳსა უძახო,
ვინემ ცოცხალი.

ბ. რით ვინუგეშებ, ესე არ ვიცი, ვერა ვივიწყებ, ვარ უსასოთა,
ნახვაა ვეკრძალვი, ნება არს სრულად, სული ჩემი ჰსრბის მის უფასოთა.
ერთის მისის ჰვრეტითა
ჰქვა შემექმნა რეტითა.
ბ არსად მეტი ნუგეში,
ცრემლი თუალთა ბუდეში,
არ ჩივილისა.
გ. მე ყვედრებასა შენსას ვერ ვჰბედავ, არცა მწადს შენი გამტყუნებანი,
უკუნისამდე უბედურება მომცეს ნაწილად, არს ღმრთის ნებანი.
ყველას განყენებული,
თურმე მისთჳს შობილი,
ბ საუკუნოდ ვჰსულთქვმიდე,
ტრფიალთაგან ვიჯმნიდე
ძვირფასისა მის.
დ. უფლებდე ჩემზედ, ჩემო ნათელო, შენ უწყი, ვითა ვშობილვარ შენთჳს,
მე განმაწესეს შენთანა სულთქმად, შენ გმართებს დაჰხსნა, კირთება ჩემთჳს.
გინა ამით ნუგეშ მეც,
მითხარ, მებრალები მეც.
ბ მითხარ, არ ვჰქმნა ყვარება,
ძნელ არს გარდაცუალება,
რაც ნება ღმრთისა.

როგორც ვხედავთ, „ნესმუშჩაის ჴმაჲ“ ოთხსტროფიანი ლირიკული ლექსია. იგი სასიმღეროდ არის განკუთვნილი. სათაურის გარდა ამას სხვა მონაცემებიც ადასტურებს: 1. ხელნაწერში, როგორც წესი, თითოეულ სიტყვას ერთგვარი ხმის სარკვევი ნიშანი უზის; 2. არშიაზე გამაფრთხილებელი მინაწერიც არის: „ეს შემდგომნი ხუთ-ხუთნი მუჴლნი, რომელთაცა თავთა ბანნი უსხენან, ორ-ორჯერ უნდა ითქვნენ“.

სათაური გვამცნობს, რომ ლექსი რუსული წარმოშობისაა. საძიებელია მხოლოდ მისი წყარო. საიდან მომდინარეობს იგი: ლიტერატურიდან თუ ფოლკლორიდან? სათანადო მასალების მიმოხილვის საფუძველზე დავრწმუნდით, რომ ლექსი „ნესმუშჩაის ჴმაჲ“ რუსული ფოლკლორიდან არის აღებული. ჩვენ ვიპოვეთ მ. ბარათაშვილის ნაწარმოების ზუსტი შესატყვისი ტექსტი. მართალია, რუსული ლექსი ასეთ სათაურს არ ატარებს, მასში არც „ჴმაზე“ არის საუბარი, მაგრამ ტექსტოლოგიური შედარება ნათლად ადასტურებს მათ ნათესაობასა და პირდაპირ კავშირს. „ჴმა“ ქართველი პოეტის მიერ შემოტანილი სახელწოდებაა. ეს დამახასიათებელია. ასე იქცევა მ. ბარათაშვილი როგორც რუსულ, ისე სხვა ხალხთა შემოქმედებაზე დასესხების შემთხვევაში.

1770 წელს გამოქვეყნდა რუსული პოეზიის ერთ-ერთი ადრინდელი კრებული «Сборник разных песен», რომელიც შედგენილი იყო მ. დ. ჩულკოვის მიერ. 1770 წელს კრებულის პირველი ორი ნაწილი დაიბეჭდა, ხოლო მომდევნო მესამე და მეოთხე ნაწილები დამატებითურთ 1773—74 წლებში გამოვიდა. მ. დ. ჩულკოვის კრებული საკმაოდ გახმაურდა ([4], გვ. 420—21); მას გაეცნენ ქართველებიც, მათ შორის დავით გურამიშვილი. ამ უკანასკნელის მიერ რუსული ფოლკლორული მოტივების მიხედვით დაწერილი რამდენიმე ლექსის პროტოტიპი სწორედ მ. ჩულკოვის წიგნში იპოვება ([5], გვ. 420).

მ. ბარათაშვილი არ მოსწრებია ჩულკოვის კრებულის გამოსვლას, თუმცა საძიებელი ლექსის შესატყვისი სწორედ ამ კრებულის პირველ წიგნში აღმოჩნდა. ეს „შეუსაბამობა“ ადვილი ასახნელია. ამის მიზეზი ისაა, რომ „სხვადასხვა ლექსთა კრებულში“ შესული სიმღერები დიდხანს ზეპირად ვრცელდებოდა დაბეჭდვამდე. ქართველ პოეტს ხელში ჩაუვარდა სიმღერის ის ვარიანტი, რომელიც შემდეგ მე-18 საუკუნის 70-იან წლებში მ. ჩულკოვმა თავის წიგნში შეიტანა. მაშასადამე, ამჟამად ჩვენ ხელთ არ გვაქვს უშუალოდ მ. ბარათაშვილის ნაქონი ან მის დროს გამოქვეყნებული ტექსტი, მაგრამ „ნესმუშჩაის ჴმაჲს“ წყაროს დადგენაში ეს გარემოება ხელს ვერ შეგვიშლის, რადგან მიგნებულია იმავე ტექსტის მ. ბარათაშვილის გარდაცვალების უახლოესი წლების გამოცემა.

ქართული და რუსული ტექსტების შედარება ეჭვმიუტანლად ადასტურებს, რომ „ნესმუშჩაის ჴმაჲ“ მ. ბარათაშვილის ორიგინალური ნაწარმოები არ არის, იგი თარგმანია.

როგორც ზემოთ ვაჩვენეთ ქართულ ხელნაწერში დასაწყის სტროფს შემდეგი სახე აქვს:

მე ნუ მაჰშფოთებ, ჵე უსასყიდლოვ, ნუ ეჩვენები მით ჩემთა თუალთა,
ბრძანა მაღალმან, ყოვლნი გმონებდენ, და შენ უფალად იყომცა სხუათა.
შენა მე შეგიყუარო,
ტანჯვა არა ვიკმარო,
სიყვარული ვისახო,
მაჰსცა სხჳსა უძახო,
ვინემ ცოცხალი.

ახლა გავიცნოთ ამის შესატყვისი ადგილი ჩულკოვის კრებულის მიხედვით:

Не смущай меня драгая,
И не кажись глазам моим;
Воля знать судьбы такая,
Чтобы тобой владеть иным.
А мне тебя любить,
И век в мученьй жить;
Одну любя страдать,
И ту чужею звать,
Покамест жив.
([6], გვ. 46).

ქართველი პოეტი პირდაპირ მისდევს ორიგინალს: ცდილობს დაიცვას რუსული ხალხური ლექსის სასიმღერო რიტმი, ადეკვატურად გადმოსცეს მიჯნურის მძიმე სულიერი განწყობილება. ამ მიზნით მან ერთ სტროფში სამი სხვადასხვა საზომი გამოიყენა: სტროფის პირველი ნაწილი 20 მარცვლიანი ჩახრუხაულით გადმოსცა, ხოლო მისი გაგრძელება—სიმღერით გასამეორებელი ხუთმუხლიანი ლექსი, 7 და 5 მარცვლიანი მუხლებით სთარგმნა (2020, 77775).

მოვიყვანოთ კიდევ ერთი მაგალითი. ქართული ლექსის მესამე სტროფში ვკითხულობთ:

მე ყვედრებასა შენსას ვერ ვჰბედავ, არცა მწადს შენი გამტყუნებანი,
უკუნისამდე უბედურება მომცეს ნაწილად, არს ღმრთის ნებანი.

ყველას განყენებული,
თურმე მისთჳს შობილი,
საუკუნოდ ვსულთქვმიდე,
ტრფიალთაგან ვიჯმნიდე
ძვირფასისა მის.

დიდ სიძნელეს არ წარმოადგენს რუსულ ორიგინალში მსგავსი ადგილის მონახვა.

Я пенят тебе не смею,
И не хочу тебя винить,
Часть такую я имею,
Чтобы во век нещастну быть.
Отрады всей лишен,
Знать я на то рожден,
Чтобы во век страдать,
И век в любви не знать
Драгих утех.
([6], გვ. 47).

ასეთია მდგომარეობა სხვა სტროფების მიმართაც.

როგორც ვხედავთ, ქართველი პოეტი ახერხებს რუსული სიმღერის შინაარსის შენარჩუნებას. მთარგმნელი გაურბის რაიმე ახალი მომენტის შემოტანას და ბოლომდე ორიგინალის ერთგული რჩება.

„ნესმუშჩაის ჭმაჲს" მაგალითზე აშკარად მოჩანს მ. ბარათაშვილის მიზანდასახულება: პოეტი გულწრფელად ცდილობს ღრმად შეიჭრას მდიდარ რუსულ ფოლკლორში და მისი სასიმღერო ლირიკული პოეზიის საუკეთესო ნიმუშები უცვლელად გააცნოს ქართველ საზოგადოებას. თავისი დროისდა შესაფერისად მის წინაშე დასმულ ამოცანას მამუკა ბარათაშვილი სანიმუშოდ წყვეტს.

წინა წერილში ჩვენ მ. ბარათაშვილის მიერ გამოყენებული რუსული ხმებიდან ერთი ლექსის საფუძველი ვაჩვენეთ ([2]), ახლა კი მეორე ლექსის წყარო გავარკვიეთ. მომავალში ამავე გზით უნდა იქნეს შესწავლილი მ. ბარათაშვილის სახელთან დაკავშირებული სხვა ლექსები, რომლებსაც ხალხურ პოეზიასთან რაიმე კავშირი აქვს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
შოთა რუსთაველის სახელობის
ქართული ლიტერატურის ისტორიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 22.4.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. მ. ჩიქოვანი. ქართული ხალხური სიტყვიერების ისტორია. თბილისი, 1952.
2. მ. ჩიქოვანი. მ. ბარათაშვილის ერთი ლექსის განმარტებისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XV, № 3, 1954.
3. Е. Такайшвили. Описание рукописей, т. 2, вып. 3, 1906.
4. Ю. М. Соколов. Русский фольклор. М., 1941.
5. მ. ჩიქოვანი. ქართული ფოლკლორი. თბილისი, 1946.
6. М. Д. Чулков. Сочинения, т. I, СПБ, 1913.

ფილოლოგია

რ. ბარამიძე

# კომპოზიციის საკითხი ქართულ აგიოგრაფიულ თხზულებებში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. კეკელიძემ 28.4.1954)

აგიოგრაფიული თხზულებების კომპოზიცია უკიდურესი შაბლონურობით ხასიათდება. სპეციალისტების მიერ გამოთქმულია მოსაზრება, რომ „ცხორებანი“ შედგენილი უნდა იყოს ცნობილ ადამიანთა ბიოგრაფიების ნიმუშების მიხედვით, ისეთი ბიოგრაფიებისა, რომელთა ავტორები არიან ქსენოფონტე, ტაციტი, პლუტარხი; როგორც ლიტერატურული ძეგლი, ასეთი ბიოგრაფია შედგება სამი ნაწილისაგან: წინასიტყვაობა, ძირითადი ნაწილი და დასკვნა.

აგიოგრაფიული ძეგლების კომპოზიციის შედარებით სრული დახასიათება მოგვცა ცნობილმა რუსმა მკვლევარმა ვ. ლოპარევმა, რომელიც მკვეთრად განსაზღვრავს აგიოგრაფიული ჟანრის კომპოზიციურ ტრაფარეტს [1], ხოლო ვ. ლატიშევი, აღნიშნავს რა აგიოგრაფიულ თხზულებათა შაბლონურობას, ამავე დროს „ცხორებების“ შესავლის ერთმანეთისაგან განსხვავებათა დაჭერის საფუძველზე ახერხებს აგიოგრაფიულ ძეგლთა 4 სახეობად დაჯგუფებას [2].

მიუხედავად ვ. ლატიშევის მიერ შემჩნეული ვარიაციისა, აგიოგრაფიული ძეგლების დასაწყისი ძირითადად ერთმანეთს ჰგავს. ხშირია შემთხვევა, როდესაც ვ. ლატიშევის მიერ განსხვავებული დასაწყისები თანამიმდევრობით გაერთიანებულია ერთი და იმავე ძეგლის წინასიტყვაობაში, ასე რომ აგიოგრაფიული ძეგლების შესავალი ნაწილი, მიუხედავად მცირედი განსხვავებისა, შეიძლება ითქვას, სტანდარტულია და საერთოა არა მარტო სხვადასხვა მწერლის, არამედ სხვადასხვა ერის აგიოგრაფიული ნაწარმოებებისათვისაც. მცირედი სხვაობის გამოკლებით ასეთივე შაბლონურობით ხასიათდება მარტიროლოგიური ძეგლების ძირითადი და დასკვნითი ნაწილებიც.

მარტიროლოგიურ ძეგლებში შედარებით მკვეთრადაა გამოყოფილი კომპოზიციის ძირითადი მომენტები: ექსპოზიცია, კვანძის შეკვრა, კულმინაცია, კვანძის გახსნა.

ექსპოზიციურ ნაწილში აგიოგრაფი გვაცნობს „წმიდანის“ ვინაობას. კვანძი იკვრება იმ მომენტიდან, როდესაც „წმიდანის“ წინაშე აყენებენ სარწმუნოების გამოცვლის საკითხს. კონფლიქტი კულმინაციას აღწევს იმ მომენტში, როდესაც „წმიდანის“ დაკითხვისა თუ წამების სცენა ყველაზე მწვავე, დაძაბულ ხასიათს ღებულობს. კვანძი იხსნება „წმიდანის“ სიკვდილით. სანიმუშოდ მოვიყვანოთ იაკობ ცურტაველის „მარტჳლობაჲ შუშანიკისი“. ექსპოზიციურ ნაწილში მოთხრობილია შუშანიკისა და ვარსქენის ვინაობა და ამ უკანასკნელის დამოკიდებულება სპარსთა მეფესთან. კვანძი იკვრება მას შემდეგ, რო-

დესაც შუშანიკი გაიგებს: „ვარსქენ უვარყო ჭეშმარიტი ღმერთი“, რასაც მოჰყვებოდა ვარსქენის სპარსთა მეფისადმი დაპირების შესრულება. ამის შემდგომ კონფლიქტი ვარსქენსა და შუშანიკს შორის უფრო და უფრო მწვავე ხასიათს ღებულობს, სიტუაცია უფრო დაძაბული ხდება და კულმინაციას აღწევს შემდეგ სცენაში: „მოვიდა მგელი იგი ტაძრად და ჰრქუა მსახურთა თჳსთა: „დღეს მე და ჯოჯიკ და ცოლმან მისმან ერთად პური ვჭამოთ, ხოლო სხუასა ნუ ვის უფლიედ ჩუენ თანა შემოსლვად“. და რაჟამს შემწუხრდა, მოუწოდეს ცოლსა ჯოჯიკისსა და ინებეს ერთად პურისა ჭამაჲ, რაჲთამცა მოიყვანეს წმიდაჲ შუშანიკცა. და ვითარცა მოიწია ჟამი პურისაჲ, შევიდეს ჯოჯიკ და ცოლი მისი წინაშე წმიდისა შუშანიკისა, რაჲთამცა მასცა აჭამეს პური, რამეთუ ყოველნი იგი დღენი უზმასა გარდაევლნეს. და ვითარცა მეტად აიძულეს და ძლით წარიყვანეს ტაძრად. ხოლო გემოჲ არა რაჲსაჲ იხილა. ხოლო ცოლმან ჯოჯიკისმან მიართუა ლჳნოჲ ჭიქითა და აიძულებდა მას, რაჲთამცა იგი ხოლო შესუა. ჰრქუა მას წმიდამან შუშანიკ რისხვით: „ოდეს ყოფილ არს აქამომდე, თუმცა მამათა და დედათა ერთად ეჭამა პური?!“ და განყარა ჴელი და ჭიქაჲ იგი პირსა შეალეწა და ლჳნოჲ იგი დაითხია.

მაშინ იწყო უჯეროსა გინებად ვარსქენ და ფერჴითა თჳსითა დასთრგუნვიდა მას“ ([3], გვ. 18—20).

როგორც მარტიროლოგიური ხასიათის სხვა ძეგლებში, ისევე „შუშანიკის მარტჳლობაში“ კვანძი იხსნება „წმიდანის“, ამ შემთხვევაში შუშანიკის, სიკვდილით. ამრიგად, ქართული ორიგინალური მარტიროლოგიური ხასიათის ძეგლები კომპოზიციურად ურთიერთს ჰგავს, მაგრამ ეს გარემოება არ ნიშნავს, რომ ადგილი არ ჰქონდეს გამონაკლისს. ექსპოზიციის, კვანძის შეკვრის, კულმინაციისა და კვანძის გახსნის განაწილების მიხედვით მარტიროლოგიის ზოგიერთი ნიმუში თავისებურებას იჩენს. ხანდახან ინტრიგაში მოცემულია არა ერთი მომენტი უკიდურესი დაძაბულობისა და ამდენად კულმინაციისა, არამედ ორი და შეიძლება მეტიც. არის შემთხვევა, როდესაც კულმინაცია და კვანძის გახსნა ერთდროულად ხდება.

ამ შემთხვევის საილუსტრაციოდ გამოდგება „მარტჳლობაჲ ცხრათა ძმათა კოლაელთაჲ“. ამ ძეგლის ერთ აბზაცშია მოთხრობილი თანასოფლელთა უკიდურესი მძვინვარება ყრმათა საქციელის გამო და ამ უკანასკნელთა სიკვდილიც, ე. ი. კულმინაცია და კვანძის გახსნა ერთმანეთს თანხვდება.

მარტიროლოგიურ ძეგლებში მოცემულია ერთი სიუჟეტური რკალი, თხრობა არაა გართულებული სხვადასხვა ეპიზოდით, შემოფარგლულია ერთი გარკვეული ამბის გადმოცემით. ვერ ვხვდებით ერთი ძირითადი, მაგისტრალური ხაზიდან გადახვევას. მარტიროლოგიური ძეგლების კომპოზიცია მეტად მარტივია, მასში არაა გადახლართული რამდენიმე სიუჟეტური რგოლი. ამიტომ კვანძის შეკვრაც, როგორც წესი, მხოლოდ ერთხელ გვხვდება.

ქართულ მარტიროლოგიურ ნაწარმოებთა შორის კომპოზიციის თვალსაზრისით განსაკუთრებული ადგილი უკავია იოანე საბანისძის თხზულებას „მარტჳლობაჲ ჰაბოჲსი“. ეს არის ერთადერთი ნაწარმოები, რომელიც დაწე-

რილია ავტორის მიერ წინასწარ ჩამოყალიბებული გეგმის მიხედვით. როგორც კ. კეკელიძე წერს: „მისი (ი. საბანისძის) თხზულება არ მისდევს ყველაფერში აგიოგრაფიულ შაბლონს. ის თავისებური მხატვრული პროზის ერთ-ერთი ადრინდელი ნიმუშია. ავტორი თავის შრომას გარკვეული გეგმით წერს, ყველაფერი წინასწარ აქვს გათვალისწინებული და გაზომილი. თხზულება მას ოთხ ნაწილად გაუყვია. სათაური თვითეული ნაწილისა მოცემულია ჯერ კიდევ თხზულების თავში, იმ მიწერ-მოწერის შემდეგ, რომელიც გამართული ყოფილა ავტორსა და შემკვეთელს შორის და რომელშიც გათვალისწინებულია საბაბი და გარემოებანი თხზულების დაწერისა“ ([4], გვ. 50). იოანე საბანისძე შემდეგ ოთხ თავად ყოფს თავის ნაწარმოებს:

1. „ღმრთის მსახურთა და მართლმოყუარეთა კრებულისათჳს თხრობაჲ და მოძღურებაჲ და ახლისა ამის მოწამისა ჰაბოჲს ჴსენებაჲ“;
2. „ქართლად შემოსლვაჲ და ნათლის-ღებაჲ ნეტარისა ჰაბოჲსი“;
3. „მარტჳლობაჲ წმიდისა ჰაბოჲსი“;
4. „ქებაჲ სანატრელისა წმიდისა ჰაბოჲსი“.

პირველ თავში, რომელიც შესავლის ხასიათს ატარებს, აღწერილია საქართველოს პოლიტიკურ-ეკონომიური მდგომარეობა. ამავე ნაწილში ავტორი იძლევა თავისი ნაწარმოების იდეურ მიზანდასახულობას, თუმცა ეს უკანასკნელი უფრო ვრცლად არის გაშლილი მეოთხე, დასკვნითს ნაწილში, რომელშიაც ხაზგასმულია აბოს წამების ფართო საზოგადოებრივი მნიშვნელობა სამშობლოს დამოუკიდებლობისათვის ბრძოლის თვალსაზრისით. რასაკვირველია, ეს პროპაგანდა მოცემულია სარწმუნოებრივ საბურველში. ნაწარმოების სიუჟეტს, რომელიც გაშლილია მარტიროლოგიის კომპოზიციური შაბლონის მიხედვით, დათმობილი აქვს მეორე და მესამე თავები.

ი. საბანისძეს შეაქვს ერთგვარი ცვლილება კომპოზიციურ შაბლონში. კერძოდ, ნაწარმოებს ურთავს მკვეთრად გამოყოფილ პროლოგსა და ეპილოგს, რომლებშიც ახდენს ნაწარმოების ღრმა იდეურ გააზრებას და ფართო რეზონანსს აძლევს მეორე და მესამე თავებში გაშლილ სიუჟეტს. ი. საბანისძემ აგიოგრაფიული ჟანრის კომპოზიციაში შეიტანა სიახლე, რითაც უფრო მიმზიდველი საკითხავი გახადა თავისი ნაწარმოები.

მარტიროლოგიური ხასიათის ძეგლების სიუჟეტი, როგორც აღვნიშნეთ, მარტივია, თხრობის ყოველი ცალკეული მონაკვეთი შინაგან კავშირშია, ერთი მეორისაგან გამომდინარეობს, წინა ამბავი ხსნის და განსაზღვრავს მომდევნოს. სიუჟეტის ყოველი ცალკეული მომენტი ორგანულ კავშირშია ერთმანეთთან, ავტორი ახდენს მათ მოტივირებას.

მარტიროლოგიურ ძეგლებში მოტივირება ძირითადად ერთი მოვლენის მეორესთან დაკავშირებით ვლინდება. იოანე საბანისძეს შემდეგი შინაგანი კავშირით აქვს წარმოდგენილი სიუჟეტის განვითარება: ნერსე ერისმთავარი იმიტომ დააპატიმრა ამირამ, რომ ის დააბეზღეს „ბოროტთა კაცთა“, ხოლო ღვთის ჩარევით მოკვდა ხალიფა და ნერსე გაათავისუფლეს. ნერსემ დაიახლოვა აბო იმიტომ, რომ იგი იყო „ჴელოვან, კეთილად-შემზავებელ სულნელთა მათ საცხებელთა“. ეს უკანასკნელი კი კვლავ ღვთაების ჩარევით ტოვებს სამშობ-

ლოს, ეცნობა ქრისტიანულ სარწმუნოებას, მაგრამ აშკარად ვერ აღიარებს ქრისტიანობას, რადგანაც ეშინია „სოფლისა-მპყრობელთა ამათ ზედამდგომელთა ჩუენთა სარკინოზთაგან“. ნერსე იმიტომ გადაიხვეწა ხაზარეთში, რომ კვლავ განურისხდნენ სარკინოზნი; ნერსეს გაყოლილმა აბომ აშკარად იმიტომ აღიარა ქრისტიანობა ხაზარეთში, რომ „მადლითა სულისა წმიდისაჲთა მრავალ არს ქალაქები და სოფლები ქუეყანასა მას ჩრდილოჲსასა, რომელნი სარწმუნოებითა ქრისტჱსითა ცხომდებიან უზრუნველად“. ნერსემ იმიტომ ითხოვა აფხაზეთში გადასვლა, რომ „პირველადვე წარეგზავნნეს მას დედაჲ და ცოლი და შვილნი და მონაგებნი და ყოველნი სახლისა მისისანი, რამეთუ კრძალულ იყო ქუეყანაჲ იგი შიშისაგან სარკინოზთაჲსა“. ნერსე კვლავ ქართლში დაბრუნებას იმიტომ აპირებს, რომ „წარმოავლინა მაჰდი ამირა მუმნმან ბრძანებითა ღმრთისაჲთა სტეფანოზ, ძჱ გურგენ ერისთავისაჲ, დისწული ნერსჱსი, ნაცვლად დედის ძმისა თჳსისა ნერსჱსა, ერის-მთავრად ქუეყანასა ამას ქართლისასა. მაშინ მხიარულ იქმნა ნერსე, რამეთუ უფლებაჲ იგი სახლისა მისისაგან არა განაშორა უფალმან“. აბოს აფხაზები იმიტომ უშლიან ნერსეს გაჰყვეს, რომ ითვალისწინებენ არაბ მმართველთა განრისხებას აბოს მიერ სარწმუნოების გამოცვლის გამო, ხოლო აბო იმიტომ არ რჩება აფხაზეთში, რომ მან განვლილი დროის მანძილზე ღრმად შეისწავლა ქრისტიანული სარწმუნოება და აცხადებს: „რამეთუ ვისწავე მე წმიდისა მისგან მოციქულისა, ვითარმედ „არცა ჩუკენთა სასუფეველი ღმრთისაჲ ვერ დაიმკჳდრონ. ამისათჳს არა მეშინის მე სიკუდილისაგან“. ქართლში მოსვლისთანავე არაბებმა აბო იმიტომ არ დაიჭირეს, რომ „რომელნიმე ჰყუედრიდეს, რომელნიმე აგინებდეს, რომელნიმე აშინებდეს, რომელნიმე სდევნიდეს, რომელნიმე მშჳდობისა სიტყჳთა შეაჯერებდეს“. ხოლო ამასობაში გავიდა სამი წელი და შემდეგ დააპატიმრეს, რადგანაც სხვაგვარად არ შეეძლოთ არაბეჲს მოქცეულიყვნენ. რამდენიმე დღის შემდეგ გამოუშვეს აბო, რადგან ქართლის ერისთავმა სტეფანოზმა იშუამდგომლა. გამოიცვალა ამირა და არაბებმა გამოიყენეს მდგომარეობა და კვლავ დააბეზღეს, იმიტომ რომ მათ არ შეეძლოთ შეგუებოდნენ თავიანთი ტომის კაცისაგან სარწმუნოების გამოცვლას.

ასეთი შინაგანი ლოგიკური კავშირით ავტორს მკითხველი მიჰყავს აბოს წამების აღწერამდე. აგიოგრაფი ყოველ მომდევნო მოვლენას წინდაწინვე განაპირობებს. მსგავსი კომპოზიციური მთლიანობა, როდესაც სიუჟეტის ყოველი რგოლი მჭიდროდ არის ერთიმეორესთან დაკავშირებული, დამახასიათებელია საერთოდ ქართული აგიოგრაფიული ძეგლებისათვის. გამონაკლისს ვხედავთ მხოლოდ ისეთ ძეგლებში, რომელთაც განიცადეს ე. წ. მეტაფრასული სკოლის გავლენა. ასეთი ხასიათის ნაწარმოებებში არაა იშვიათი ძირითადი ამბიდან გადახვევა, განყენებული მსჯელობები, სიუჟეტური ხაზის გაწყვეტა, ხოლო კომპოზიციური მთლიანობის აღდგენას ცდილობენ სტერეოტიპული ფრაზების მოშველებით: „ხოლო ჩუენ კუალად აღვიდეთ პირველსავე სიტყუასა და ძალისაებრ ვიპყრათ წესი თხრობისაჲ“ ([4], გვ. 159). ასეთი ავტოგანცხადებანი, მცირე განსხვავებათა გარდა, ერთმანეთს ჰგვანან და მიზნად ისახავენ სიუჟეტური ხაზის მთლიანობის დაცვას. მართალია, არაბუნებრივად,

მექანიკურად, მაგრამ მაინც უკავშირებენ თხრობის ცალკეულ მონაკვეთებს ერთმანეთს.

კომპოზიციის თვალსაზრისით „ცხორებანი“ ერთგვარად განსხვავდებიან მარტიროლოგიური ხასიათის ძეგლებისაგან. ამ უკანასკნელებთან შედარებით „ცხორებების“ სიუჟეტი უფრო რთულია. ერთი გარკვეული ამბის გადმოცემის პარალელურად ვხვდებით მრავალ დამატებით მოტივს, ეპიზოდს, რომელნიც ძირითად თემას ორგანულად არ უკავშირდებიან, მის განშტოებებს წარმოადგენენ. „ცხორებებს“ კომპოზიციური შეკრულობა არ ახასიათებს, მათში გამოკვეთილად ვერ ვხვდებით კვანძის შეკვრას და ამდენადვე ვერც კულმინაციას, ხოლო რაც შეეხება კვანძის გახსნას, ეს შედარებით ნათლად იგრძნობა ნაწარმოებში, რადგანაც კვანძი ძირითადად იხსნება მთავარი გმირის გარდაცვალებით.

„ცხორებებში“ თხრობის ცალკეული მომენტები ხშირად ერთმანეთთან მჭიდროდ, უშუალოდ, ორგანულად არ არის დაკავშირებული, ერთი ამბავი მეორისაგან არ გამომდინარეობს, ერთი მეორეს არ განაპირობებს, არ ახდენს მის მოტივირებას. ეს ეპიზოდები გაერთიანებულია იმდენად, რამდენადაც ცალკეული თავები ასე თუ ისე ეხება მთავარ მოქმედ გმირს, მაგრამ ეს გაერთიანება ზოგიერთ შემთხვევაში ხელოვნურად, არაბუნებრივად ხდება. ამ მხრით სანიმუშოა გ. მერჩულის „ცხორებაჲ გრიგოლ ხანძთელისაჲ“. როგორც მართებულად აღნიშნავს პროფ. კ. კეკელიძე, „მას ფაბულური მთლიანობა აკლია“. ავტორი თვითაც გრძნობს ძირითადი თემიდან გადახვევებს, მთლიანი ხაზის აღდგენის საჭიროებას და იძულებულია სტერეოტიპული განცხადებით მექანიკურად დააკავშიროს თავები: „არამედ აწ კუალად ნეშტი იგი პირველი განვაახლოთ“. ხოლო თვით ცალკეული თავები, ეპიზოდები, რიგ შემთხვევაში, დასრულებული ნოველის შთაბეჭდილებას ტოვებს. ისინი წარმოადგენენ კომპოზიციურად მტკიცედ შეკრულ მთლიან თხრობას. თხრობის ტემპი, რიტმი ცოცხალი და მიმზიდველია. ყოველი ფრაზა მოკვეთილია, ყოველი სიტყვა ზომიერად და ადგილზეა ნახმარი. „გრიგოლ ხანძთელის ცხორებაში“ არა ერთ ასეთ ეპიზოდს ვხვდებით, რომელთა შორის განსაკუთრებით გამოირჩევა აშოტ კუროპალატისა და მეძავი დედაკაცის თავგადასავალი.

ასევე დასრულებული მოთხრობის შთაბეჭდილებას ახდენს გიორგი მთაწმიდელის მშობლების შეუღლების ეპიზოდი, მოყვანილი გიორგი მცირის მიერ. აღნიშნული ეპიზოდები, ისე როგორც რიგი სხვა ეპიზოდები, კომპოზიციურად უაღრესად შეკრულია, თხრობა დინამიკურია, ყოველი მომენტი ურთიერთთან ორგანულადაა დაკავშირებული და ერთ მთლიან დასრულებულ სურათს ქმნის.

„ცხორებაში“ კონფლიქტი „წამებისაგან“ განსხვავებულად არის წარმოდგენილი. თუ „წამებებში“ კონფლიქტი ისახება „მწამებელსა“ და „წამებულს“ შორის დაპირისპირებაში, ბრძოლაში, რომელიც თანდათან ვითარდება და კულმინაციას აღწევს, „ცხორებებში“ შედარებით განსხვავებულ მდგომარეობასთან გვაქვს საქმე. კერძოდ, როცა „ცხორების“ მთავარი მოქმედი გმირი ეწევა გარკვეული ხასიათის მოღვაწეობას, მისი ყოველი ნაბიჯი, ყო-

ველი დაბრკოლების გადალახვა—იქნება ეს მონასტრის აშენება, მოწაფეთა აღზრდა, ლიტერატურულ-მეცნიერული მუშაობა, „ცდუნების“ დაძლევა თუ სხვა,—თითოეული ცალ-ცალკე წარმოადგენს კონფლიქტს. ამ კონფლიქტების ჯაჭვია მოცემული „ცხორებებში“, მაგრამ ეს არ ხდება გრადაციის გზით, კულმინაციისაკენ არ მიისწრაფვის, კონფლიქტის ცალკეული შემთხვევა დამოუკიდებელია, თავისთავადია. სწორედ ამით აიხსნება, რომ „ცხორებების“ კომპოზიციაში კვანძის შეკვრა და ამდენად კულმინაციაც მკვეთრად არაა გამოყოფილი.

აგიოგრაფიული ძეგლების (როგორც „ცხორებების“, ისე მარტიროლოგიური ხასიათის ნაწარმოებების) კომპოზიციაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ფსიქოლოგიურ მოტივირებას. პერსონაჟთა მოქმედება ბუნებრივად გამომდინარეობს მათი ფსიქოლოგიური განწყობილებებიდან. აგიოგრაფიულ ძეგლებში ფსიქოლოგიური მოტივირება საკმაოდ მკაცრად არის დაცული, მაგრამ, რადგანაც, ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა, აგიოგრაფიული ძეგლების პერსონაჟები შაბლონურნი არიან, ამიტომ ფსიქოლოგიური მოტივირებაც, ბუნებრივია, თავს ვერ აღწევს ამ შაბლონურობას. კერძოდ, აგიოგრაფი, ავითარებს რა რელიგიურ მსოფლმხედველობას, თავისი ნაწარმოების პერსონაჟებს წარმოგვიდგენს გარკვეული ფსიქოლოგიის მქონე ადამიანებად, რაც განსაზღვრავს მათ მოქმედებასა და განცდებს.

აგიოგრაფიული ჟანრის ნაწარმოებების კომპოზიციაში გარკვეული ადგილი უკავია ჩ ვ ე ნ ე ბ ა ს. ჩვენება მნიშვნელოვან მომენტს წარმოადგენს სიუჟეტის განვითარებაში, რიგ შემთხვევებში მასში კონცენტრირებულია მომავალში გასაშლელი ამბავი. ჩვენებაში მკითხველი გებულობს, თუ როგორ განვითარდება მოქმედება.

მომავალი ამბის მოყოლა ჯერ კიდევ აღმოსავლური ქვეყნებისა და ანტიკურ ლიტერატურაში გვხვდება სიზმრების სახით. სიზმარს გარკვეული ადგილი უჭირავს ხალხურ სიტყვიერებაში, განსაკუთრებით ზღაპრებში. სიზმარშივეა მოცემული, თუ შეიძლება ასე ითქვას, გეგმა ამბის განვითარებისა, კერძოდ, სიზმარში ძირითადად მოხაზულია, თუ როგორი იქნება თავგადასავალი გმირისა. ქართულ ზღაპრებში მრავალი მაგალითის მონახვა შეიძლებოდა, მაგრამ საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ ერთი ზღაპარი: „ზღაპარი ხელმწიფის ცოლისა, გველი რომ გაუჩნდა“. ამ ზღაპარში მოთხრობილია ერთი სიზმარი: იმ „ღამეს ქალმა სიზმარი ნახა: „არ შეგეშინდეს, შენ უნდა ხელმწიფის რძალი გახდე. რო მიხვალ, ხელმწიფეჲ, რასაცა თხოვ, შეგისრულებს. შენ უთხარი: შენ რო ცხვარში ყვითელი ბატკანი გყავ, ის დამიკალ-თქო და მამიხარშე-თქო, ოქროჲ სინზე დამიწყე და მამიტა-თქო. დაგიკლამს, მოგიხარშამს, დაგიწყობს ოქროჲ სინზე. დაიდგი თავზე და რო დაღამდეჲ, პირდაპირ ჩავარდი ორმოში, არ შეგეშინდეს“ ([5], გვ. 40). მართლაც, შემდეგ მკითხველის თვალწინ იშლება სიზმარში მოთხრობილი ამბავი.

სწორედ ეს სიზმრები შეითვისა და გადაამუშავა ქრისტიანულმა ლიტერატურამ. ზმანება ფორმის მხრით მეტად ჰგავს ჩვენებას, მაგრამ ახალმა თეოლოგიურმა მოძღვრებამ ახალი შინაარსი მისცა მას, ამავე დროს ამ მოძღვრე-

ბის მიხედვით „ჩვენება“ დამახასიათებელია მხოლოდ ამაღლებული, რჩეული, „წმიდა“ ადამიანისათვის.

ჯერ კიდევ ძველი აღთქმის წიგნებში ჩვენებების გვერდით ვხვდებით სიზმრებს, რომლებშიაც მოთხრობილია, თუ როგორ უნდა განვითარდეს ამბავი. კერძოდ, იოსებმა ნახა სიზმარი: „ვითარმცა მზე და მთოვარე, და ათერთმეტნი ვარსკულავნი თაყუანის მცემდეს მე“ ([6], გვ. 75). ამ სიზმარს ჰქონდა სიმბოლიური ხასიათი, რომელიც ახსნა მამამ, და შემდეგ მართლაც მოქმედება ამ სიზმრის შესაბამისად ვითარდება, რის გამოც „მოეჴსენნეს იოსებს სიზმარნი მისნი, რომელნი იხილნა მან“ ([6], გვ. 87). ახალი აღთქმის წიგნებში კი სიზმრებთან ერთად მრავლად ვხვდებით ჩვენებას. სახარებაში ვკითხულობთ: „და რა ჟამს მოკუდა ჰეროდე, მუნთქუესვე ეჩუენა ანგელოზი უფლისაჲ იოსებს ეგჳპტეს შინა. და ჰრქუა მას: აღდეგ და წარიყვანე ყრმაჲ ეგე და დედაჲ მაგისი და წარვედ ქუეყანად ისრაჱლისა, რამეთუ მოწყდეს ყოველნი, რომელნი ეძიებდეს სულსა მაგის ყრმისასა“ ([7], გვ. 5). იოსებიც მოქმედებს ამ ჩვენების მიხედვით. სწორედ ასეთი სახით შეიჭრა ჩვენება ქართულ აგიოგრაფიულ ძეგლებში და მნიშვნელოვანი ადგილი დაიჭირა მათ კომპოზიციაში. მაგალითად, „წმიდა“ ნინო მოქმედებს ჩვენების მიხედვით და მთელი ნაწარმოები ამ ჩვენების გაშლას წარმოადგენს. ასევე, გრიგოლ ხანძთელის მოღვაწეობის შესახებ მკითხველს წინდაწინვე ექმნება შთაბეჭდილება ჭუედიოსის ჩვენების მიხედვით. მსგავსი ჩვენება ქართულ აგიოგრაფიულ ძეგლებში მრავალია. ისინი გარკვეულ როლს თამაშობენ როგორც მთლიანად ნაწარმოების, ისე ცალკეული ეპიზოდების გაშლაში. ასე რომ ჩვენებას, განსაზღვრულ მსოფლმხედველობითს დანიშნულებასთან ერთად, მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია აგიოგრაფიული ძეგლების კომპოზიციაშიც.

ამრიგად, აგიოგრაფიული ძეგლები შაბლონურობით ხასიათდება. კომპოზიციურად ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან „ცხორებანი“ და მარტიროლოგიური ნაწარმოებები. „წამებაში“ მოცემულია ერთი სიუჟეტური ხაზი, ხოლო „ცხორებაში“ ვხვდებით ერთი სიუჟეტური ხაზისაგან გადახვევებს, სხვადასხვა ეპიზოდის შეტანას, რომლებიც არცთუ ორგანულად არიან ერთმანეთთან დაკავშირებულნი; ცალკეული ეპიზოდი კი მეტწილად მტკიცედ შეკრულ დასრულებულ კომპოზიციურ მთლიანობას წარმოადგენს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
შოთა რუსთაველის სახელობის
ქართული ლიტერატურის ისტორიის ინსტიტუტი
თბილისი
(რედაქციას მოუვიდა 5.5.1954)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. Х. М. Лопарев. Византийская жития святых VIII—IX вв. Виз. временнык, т. XVIII, вып. 1—4, 1910 (1911), стр. 18.

2. В. В. Латышев. Византийская „Царская" Минея. Заметки имп. Акад. Наук, VIII, сер. по истор.-филол. отд., т. XII, № 7, П., 1915, стр. 1.
3. ი. ცურტაველი. მარტვლობაჲ შუშანიკისი. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამოცემა, თბილისი, 1938.
4. კ. კეკელიძე. ადრინდელი ფეოდალური ქართული ლიტერატურა. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამოცემა, თბილისი, 1935.
5. ხალხური სიტყვიერება, ტ. II, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამოცემა, თბილისი, 1952.
6. დაბადება, წიგნი ა, თავი ლზ, თბილისი, 1884.
7. ქართული ოთხთავის ორი ძველი რედაქცია, მათე 2, § 19—20. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამოცემა, თბილისი, 1945.

---

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 6.11.1954
ანაწყობის ზომა 7×11
შეკვ. 1459
საალრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 6
საბეჭდი ფორმა 6,8
უე 17843
ტირაჟი 1000

ფასი 5 მან.

დამტკიცებულია
საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. პრეზიდიუმის მიერ
22.10.1947

## დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

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

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

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

4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.

5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს. არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.

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

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

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

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

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

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

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

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძერჟინსკის ქ., 8

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XV, № 9, 1954

Основное, грузинское издание