საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე

ტომი XV, № 4

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1954

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

შინაარსი

მათემატიკა

1. თ. ბურჭულაძე. დრეკადი ტანის რხევის საკუთარი ფუნქციების ასიმპტოტური განაწილების შესახებ 193
2. შ. ფხაკაძე. აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეების შესახებ 201

დრეკადობის თეორია

3. რ. მინასიანი შედგენილი მცირედ გაღუნული ძელის გაჭიმვის ამოცანა . . . 207

მეტეოროლოგია

4. ი. ქურდიანი. ნორმალური ტიპის ფსიქრომეტრული დანადგარის ვენტილაციის საკითხისათვის 215

ქიმია

5. რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი) და ლ. ჯაფარიძე. ამონიუმის ქრომატის დანამატის გავლენა მანგანუმის პოტენციალსა და კოროზიაზე ამონიუმის ქლორიდში 219
6. ი. ხალკინდი და ქ. დოლიაშვილი. დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის სინთეზი, გამოკვლევა და სივრცითი ფაქტორის გავლენის შესწავლა შემჭიდროების რეაქციაზე 227

გეოგრაფია

7. ნ. ასტახოვი და ლ. მარუაშვილი. თიანეთის ქვაბული მდ. ივრის ხეობაში, როგორც მაგალითი მდინარეთა ხეობების ტექტონიკური შეგუებებით გაპირობებული მორფოგენეზისა 233

ბოტანიკა

8. კ. ოდიშარია. ზოგიერთი მონაცემი პალმის ბიოლოგიის შესწავლისათვის . . 239

ფსიქოლოგია

9. ი. ბჟალავა. ფსიქიკის მოქმედების I და II დონე და ტვინის სიგნალიზაციის I და II სისტემა 247

მათემატიკა

თ. ბურჭულაძე

დრეკადი ტანის რხევის საკუთარი ფუნქციების ასიმპტოტური განაწილების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 29.12.1953)

1. სახასიათო რიცხვების ასიმპტოტური განაწილების კანონი, ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებით, შესწავლილი იყო ჰ. ვეილის მიერ.

ჰ. ვეილმა დაამტკიცა, რომ დრეკადი ტანის მდგრადი რხევისათვის

$$N(t) \sim \frac{v}{6\pi^2}\left[\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{3}{2}} + 2\left(\frac{1}{b}\right)^{\frac{3}{2}}\right] \cdot t^{\frac{3}{2}}, \tag{1.1}$$

სადაც $N(t)$ არის t-ზე ნაკლებ საკუთარ მნიშვნელობათა რიცხვი, v ტანის მოცულობაა, a და b ტანის ფიზიკური თვისებების დამახასიათებელი ცნობილი მუდმივებია.

ტ. კარლემანმა, გამოიყენა რა ტაუბერის ტიპის ზოგიერთი თეორემა, გამოიყვანა ასიმპტოტური განაწილების კანონი მემბრანის რხევის საკუთარი ფუნქციებისათვის:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \varphi_\nu^2(x, y)}{\lambda_n} = \frac{1}{4\pi}. \tag{1.2}$$

ტ. კარლემანის მეთოდი განაზოგადა ა. პლეიჟელმა დრეკადობის თეორიის განტოლებისათვის. მაგრამ ეს ავტორი, თვლის რა, რომ ინტეგრალურ განტოლებათა მეთოდი ამ შემთხვევაში დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან, უარს ამბობს ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებაზე და ძირითადად ვარიაციულ მეთოდს მიმართავს. ამასთან დაკავშირებით, ა. პლეიჟელის გადმოცემა, მაგალითად, ე. წ. მეორე სასაზღვრო ამოცანისა, არ არის თავისუფალი დაუმტკიცებელი და ბუნდოვანი ადგილებისაგან. ამასთან იგი იძულებულია შემოისაზღვროს მხოლოდ თითქმის კონვექსური ფართეულებით, ისე როგორც ვეილი, რომლის ნაშრომსაც პლეიჟელი ეყრდნობა.

დრეკადი ტანის რხევის საკითხებზე ვ. კუპრაძის შრომების გამოქვეყნების შემდეგ ჩვენ საშუალება გვეძლევა შევისწავლოთ ასიმპტოტური განაწილების კანონი ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებით, ნებისმიერი ლიაპუნოვის ფართეულის შემთხვევაში.

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია დრეკადი ტანის მდგრადი რხევის მეორე სასაზღვრო ამოცანა.

2. ვთქვათ, დრეკად ტანს უჭირავს (x, y, z) სივრცის სასრული B_i არე, შემოსაზღვრული ლიაპუნოვის ფართეულით S.

დრეკადი ტანის მდგრადი რხევის მეორე სასაზღვრო ამოცანა შემდეგში მდგომარეობს:

მოინახოს B_i არეში რეგულარული ვექტორი $u=(u_1, u_2, u_3)$, რომელიც დააკმაყოფილებს დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას

$$a\,\mathrm{grad}\,\mathrm{div}\,u - b\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,u + \omega u = 0$$

და სასაზღვრო პირობას $T_i u = 0$ S ფართეულზე, სადაც T ძაბვის ოპერატორია.

ჩვენი შემდგომი მიზნებისათვის საჭიროა აგებულ იქნეს გრინის ტენზორი განტოლებისათვის

$$\Delta^* u - \varkappa^2 u = 0 \qquad (2.1)$$

როდესაც საზღვარზე შესრულებულია პირობა

$$T_i u = 0.$$

(აქ $\Delta^* = a\,\mathrm{grad}\,\mathrm{div} - b\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}$).

ვეძებოთ იგი შემდეგი სახით:

$$G(P, Q;\, -\varkappa^2) = \Gamma(P, Q;\, -\varkappa^2) - A(P, Q;\, -\varkappa^2),$$

სადაც $\Gamma(P, Q;\, -\varkappa^2)$ (2.1) განტოლების ნულოვანი გვარის ელემენტარულ ამოხსნათა მატრიცაა [1,2].

გრინის ტენზორის განსაზღვრისათვის უნდა ამოვხსნათ სასაზღვრო ამოცანა

$$(A)\left\{\begin{array}{l} \Delta_P^* A_k(P, Q;\, -\varkappa^2) - \varkappa^2 A_k(P, Q;\, -\varkappa^2) = 0, \quad P \in B_i,\ Q \in B_i \\ T_i A_k(O, Q;\, -\varkappa^2) = T_i \Gamma_k(O, Q;\, -\varkappa^2), \quad O \in S \\ \qquad (k = 1,\ 2,\ 3) \end{array}\right.$$

(აქ და შემდგომ k ინდექსი მატრიცთან აღნიშნავს k-ურ ვერტიკალურ ვექტორს, ხოლო ks k-ური ვექტორის s-ურ კომპონენტს).

$A_k(P, Q;\, -\varkappa^2)$ ვექტორი ვეძებოთ შემდეგი პოტენციალის სახით:

$$A_k(P, Q;\, -\varkappa^2) = \int_S \Gamma_{\mathrm{III}}(P, O';\, -\varkappa^2)\, \lambda_k(O')\, ds_{0'} + \sum_{j=1}^{n} A_j \Gamma_i(P, Q_j;\, -\varkappa^2), \qquad (2.2)$$

სადაც

$$\Gamma_{\mathrm{III}}(P, Q;\, -\varkappa^2)$$

(2.1) განტოლების მესამე გვარის ელემენტარულ ამოხსნათა მატრიცაა, A_j უცნობი მუდმივებია, $Q_j \in B_a$ ფიქსირებული წერტილია ([2,5]) (1.

(1 დისკრეტული პოტენციალები სასაზღვრო ამოცანების ამოსახსნელად მემბრანის შემთხვევაში გამოიყენა პ. ზ ე რ ა გ ი ა მ [5].

უცნობი $\lambda_k(O)$ ვექტორისათვის მივიღებთ ინტეგრალურ განტოლებას:

$$-2\pi\lambda_k(O)+\int_S T_0\Gamma_{III}(O, O'; -\varkappa^2)\lambda_k(O')\,ds_{0'}=T_i\Gamma_k(O, Q; -\varkappa^2)$$

$$-\sum_{j=1}^{n}A_jT_0\Gamma_i(O, Q_j\, -\varkappa^2). \tag{2.3}$$

(2.3) ინტეგრალური განტოლების ამოხსნადობისათვის აუცილებელია და საკმარისი, რომ

$$\sum_{j=1}^{n}A_jD_k^i(Q_j; \varkappa)=f_k(\varkappa), \tag{2.4}$$

სადაც

$$\left.\begin{aligned} f_k(\varkappa) &= \int_S f_k(O, \varkappa)\,\mu_k(O)\,ds_0, \\ f_k(O, \varkappa) &= T_i\Gamma_k(O, Q; -\varkappa^2), \\ D_k^i(Q_j; \varkappa) &= \int_S T_0\Gamma_i(O, Q_j; -\varkappa^2)\,\mu_k(O)\,ds_0. \end{aligned}\right\} \tag{2.5}$$

$\mu_k(O)$, $k=1, 2, \ldots, n$, არის (2.3)-ის მიკავშირებული ინტეგრალური განტოლების n წრფივად დამოუკიდებელი ამოხსნა.

ვაჩვენოთ, რომ ყოველთვის შეიძლება $Q_j\in B_a$ წერტილები ისე შეირჩეს, რომ (2.4) სისტემის დეტერმინანტი $\Delta^i\neq 0$. ამისათვის საკმარისია დავამტკიცოთ $D_k^i(Q; \varkappa)$ ფუნქციების წრფივად დამოუკიდებლობა B_a არეში.

წინააღმდეგის დაშვება მიგვიყვანს ტოლობამდე:

$$\int_S T_0\Gamma_i(O, P; -\varkappa^2)\,\mu(O)\,ds_0\equiv 0, \quad P\in B_a,$$

სადაც

$$\mu(O)=\sum_{k=1}^{n}c_k\mu_k(O)$$

და ერთი მაინც c_k განსხვავდება ნულისაგან, ანუ

$$w(P)=\int_S \Gamma_I(P, O; -\varkappa^2)\,\mu(O)\,ds_0\equiv 0, \quad P\in B_a,$$

$\Gamma_I(P, O; -\varkappa^2)$ აღნიშნავს (2.1) განტოლების პირველი გვარის ელემენტარულ ამოხსნათა მატრიცს [2].

ლიაპუნოვ-ტაუბერის განზოგადებული თეორემის გამოყენებით დამტკიცდება, რომ

$$W(P)\equiv 0, \quad P\in B_i$$

და, მაშასადამე,

$$\mu(O)=\sum_{k=1}^{n} C_k\mu_k(O)\equiv 0,\quad O\in S.$$

მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს (2.4) სისტემის ამოხსნადობას.

ამით $G(P, Q; -\varkappa^2)$ გრინის ტენზორის არსებობა სავსებით დამტკიცებულია.

3. შევაფასოთ $A(P, Q; -\varkappa^2)$ $\varkappa$ მიმართ.

განვიხილოთ შემდეგი ორი სასაზღვრო ამოცანა:

$$(B)\ \begin{cases}\Delta_p^* B_k(P, Q; -\varkappa^2)-\varkappa_0^2 B_k(P, Q; -\varkappa^2)=0, & P\in B_i\\ T_i B_k(O, Q; -\varkappa^2)=-T_i\Gamma_k(O, Q; -\varkappa^2), & O\in S.\end{cases}$$

$\varkappa_0>0$ ფიქსირებული რიცხვია.

$$(C)\ \begin{cases}\Delta_p^* C_k(P, Q; -\varkappa^2)-\varkappa^2 C_k(P, Q; -\varkappa^2)=-(\varkappa^2-\varkappa_0^2)B_k(P, Q; -\varkappa^2), & P\in B_i\\ T_i C_k(O, Q; -\varkappa^2)=0, & O\in S.\end{cases}$$

ადვილად შესამჩნევია, რომ

$$A_k(P, Q; -\varkappa^2)=C_k(P, Q; -\varkappa^2)-B_k(P, Q; -\varkappa^2). \tag{3.1}$$

(C) ამოცანა ეკვივალენტურია ინტეგრალური განტოლებისა

$$C_k(P, Q; -\varkappa^2)=-(\varkappa^2-\varkappa_0^2)\int_{B_i} G(P, Q'; -\varkappa_0^2)\,[C_k(Q', Q; -\varkappa^2)-B_k(Q', Q; -\varkappa^2)]\,d\tau_{Q'},$$
$$(\varkappa^2>\varkappa_0^2),$$

სადაც

$$G(P, Q'; -\varkappa_0^2)$$

შემდეგი ამოცანის გრინის ტენზორია:

$$\Delta^* u-\varkappa_0^2 u=0\ \ B_i \text{ არეში}$$
$$T_i u=0\ \ S\text{—ფართეულზე.}$$

კოში-ბუნიაკოვსკის უტოლობის გამოყენებით ვღებულობთ:

$$|C_{ks}(P, Q; -\varkappa^2)|\leqq(\varkappa^2-\varkappa_0^2)\left\{\int_{B_i} G_s^2(P, Q'; -\varkappa_0^2)\,d\tau_{Q'}\right\}^{\frac{1}{2}}\cdot\left\{\int_{B_i} A_k^2(Q', Q; -\varkappa^2)\,d\tau_{Q'}\right\}^{\frac{1}{2}} \tag{3.2}$$
$$(k, s=1, 2, 3)$$

მტკიცდება, რომ

$$\left\{\int_{B_i} A_k^2\,d\tau\right\}^{\frac{1}{2}}\leqq\left\{\int_{B_i} B_k^2\,d\tau\right\}^{\frac{1}{2}}.$$

მაშასადამე, (3.2)-ის თანახმად:

$$|C_{ks}(P, Q; -\varkappa^2)| \leqq (\varkappa^2-\varkappa_0^2)\left\{\int\limits_{B_i} G_s^2(P, Q'; -\varkappa_0^2)\, d\tau_{Q'}\right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\cdot\left\{\int\limits_{B_i} B_k^2(Q'; Q; -\varkappa^2)\, d\tau_{Q'}\right\}^{\frac{1}{2}} \tag{3.3}$$

შევაფასოთ

$$B_k(Q', Q; -\varkappa^2)$$

$\varkappa$ მიმართ, როცა

$$\varkappa \to \infty.$$

ვეძებოთ B_k შემდეგი პოტენციალის სახით:

$$B_k(P, Q; -\varkappa^2) = \int\limits_S \Gamma_{\mathrm{III}}(P, O'; -\varkappa_0^2)\,\lambda_k(O)\, ds_{0'} + \sum_{j=1}^{n} A_j \Gamma_i(P, Q_j; -\varkappa_0^2) \tag{3.4}$$

$\lambda_k(O)$ ვექტორი უნდა მოინახოს ინტეგრალური განტოლებიდან:

$$-2\pi\lambda_k(O) + \int\limits_S T_0\Gamma_{\mathrm{III}}(O, O'; -\varkappa_0^2)\,\lambda_k(O')\, ds_{0'} = -T_i\Gamma_k(O, Q; -\varkappa^2)$$

$$-\sum_{j=1}^{n} A_j T_0 \Gamma_i(O, Q_j; -\varkappa_0^2) \tag{3.5}$$

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, A_j მუდმივები უნდა განისაზღვროს ალგებრულ განტოლებათა სისტემიდან:

$$\sum_{j=1}^{n} A_j D_k^i(Q_j; \varkappa_0) = -f_k(\varkappa). \tag{3.6}$$

ადგილი აქვს შეფასებას

$$|f_k(O, \varkappa)| \leqq \frac{\mathrm{const}\cdot e^{-\alpha\varkappa r_{0Q}}}{r_{0Q}^2}, \quad 0 < \alpha < 1. \tag{3.7}$$

ეს უკანასკნელი (2,5)-ის ძალით გვაძლევს:

$$|-f_k(\varkappa)| \leqq \frac{\mathrm{const}\cdot e^{-\alpha\varkappa l_Q}}{l_Q}, \tag{3.8}$$

სადაც l_Q აღნიშნავს მანძილს Q წერტილიდან S ფართეულამდე.

რადგან (3.6) სისტემის დეტერმინანტი განსხვავებულია ნულისაგან და იგი $\varkappa$-ზე არ არის დამოკიდებული, ამიტომ, (3.8) უტოლობის თანახმად

$$|A_j| \leqq \frac{\mathrm{const}\cdot e^{-\alpha\varkappa l_Q}}{l_Q}. \tag{3.9}$$

(3.5) განტოლების ამოხსნა არის:

$$\lambda_k(O)=\frac{1}{2\pi} f_k(O, \varkappa)+\frac{1}{2\pi}\sum_{j=1}^{n} A_j T_0 \Gamma_i(O, Q_j; -\varkappa_0^2)$$

$$+\frac{1}{2\pi}\int_S R^*(O, O'; -\varkappa_0^2)\left\{f_k(O'; \varkappa)+\sum_{j=1}^{n} A_j T_0 \Gamma_i(O', Q_j; -\varkappa_0^2)\right\} ds_{0'}, \qquad (3.10)$$

სადაც

$$R^*(O, O'; -\varkappa_0^2)$$

აღნიშნავს

$$\frac{1}{2\pi} T_0 \Gamma_{\mathrm{III}}(O, O'; -\varkappa_0^2)$$

გულის მოდიფიცირებულ რეზოლვენტს. ცხადია, რომ

$$|R^*(O, O', -\varkappa_0^2)| \leqq \frac{\text{const}}{r_{00'}^{2-\varepsilon}}, \quad \varepsilon > 0. \qquad (3.11)$$

(3.4), (3.7), (3.9), (3.10), (3.11) და ჰ. ვეილის ცნობილი თეორემების გამოყენებით ([4], გვ. 26—28, [3], გვ. 21) ვღებულობთ:

$$|B_k(P, Q; -\varkappa^2)| \leqq \frac{\text{const}\cdot e^{-\alpha\varkappa l_Q}}{l_Q} \qquad (3.12)$$

(3.1), (3.2) და (3.12)-ის საფუძველზე ვღებულობთ:

$$|A_k(Q, Q; -\varkappa^3)| \leqq \frac{\text{const}}{l_Q}. \qquad (3.13)$$

4. მტკიცდება, რომ $G(P, Q; -\varkappa^2)$ გრინის ტენზორი სიმეტრიულია და, გარდა ამისა, $G(P, Q; -\varkappa_0^2+\lambda)$ არის $G(P, Q; -\varkappa_0^2)$ გულის რეზოლვენტი, როდესაც $\lambda < 0$.

აღვნიშნოთ გამოსავალი სასაზღვრო ამოცანის სახასიათო რიცხვები და საკუთარი ვექტორ-ფუნქციები შესაბამისად: ω_n, $u^n(P)$. მტკიცდება აგრეთვე, რომ $\omega_n+\varkappa_0^2$ და $u^n(P)$ არის სათანადოდ $G(P, Q; -\varkappa_0^2)$ გულის სახასიათო რიცხვები და ფუნდამენტალური ვექტორ-ფუნქციები.

რეზოლვენტის ცნობილი წარმოდგენა ფუნდამენტალური ფუნქციების საშუალებით გვაძლევს:

$$G(P, Q; -\varkappa^2)-G(P, Q; -\varkappa_0^2)=(\varkappa_0^2-\varkappa^2)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{u^n(P)\times u^n(Q)}{(\omega_n+\varkappa_0^2)(\omega_n+\varkappa^2)}, \qquad (4.1)$$

სადაც $u^n(P)\times u^n(Q)$ აღნიშნავს მატრიცულ ნამრავლს იმ შეთანხმებით, რომ $u^n(P)$ განხილულია როგორც ცალსვეტიანი მატრიცი, ხოლო $u^n(Q)$—როგორც ცალსტრიქონიანი და მოხდენილია გადამრავლება წესით: სტრიქონი სვეტზე.

მტკიცდება

$$\lim_{P\to Q}\{\Gamma(P, Q; -\varkappa^2)-\Gamma(P, Q; -\varkappa_0^2)\} = -(\varkappa-\varkappa_0)\frac{1}{12\pi}\left[\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{3}{2}} + 2\left(\frac{1}{b}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\cdot E \tag{4.2}$$

(E ერთეულოვანი მატრიცაა).

გადავიდეთ ზღვარზე (4.1) ფორმულაში, როდესაც $P\to Q$, და გავითვალისწინოთ (3.13) და (4.2), მივიღებთ:

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\{u_k^n(Q)\}^2}{(\omega_n+\varkappa_0^2)(\omega_n+\varkappa^2)} \sim \frac{1}{12\pi}\left[\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{3}{2}} + 2\left(\frac{1}{b}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\cdot\frac{1}{\varkappa} \tag{4.3}$$

ტ. კარლემანის და პლეჟელის [3] მიხედვით, ვიყენებთ ჰარდი-ლიტლვუდის შემდეგ თეორემას:

თუ არაკლებადი $\Phi(t)$ ფუნქცია ინტეგრადია სტილტიესის აზრით და როდესაც $x\to\infty$, ადგილი აქვს ასიმპტოტურ წარმოდგენას:

$$h(x)=\int_0^{\infty}\frac{d\Phi(t)}{(x+t)^{\rho}}\sim\frac{H}{x^{\sigma}},$$

სადაც მუდმივები ρ, σ, H აკმაყოფილებს პირობას:

$$0<\sigma<\rho,\quad H\neq 0,$$

მაშინ

$$\Phi(t)\sim\frac{H\Gamma(\rho)}{\Gamma(\sigma)\Gamma(\rho-\sigma+1)}\cdot t^{\rho-\sigma};$$

Γ ეილერის ფუნქციაა.

$\Phi(t)$ ფუნქცია ჩვენს შემთხვევაში შევარჩიოთ შემდეგნაირად:

$$\Phi(t)=\sum_{\omega_n\leqq t}\frac{\{u_k^n(Q)\}^2}{\omega_n+\varkappa_0^2}.$$

(4.3)-დან ჰარდი-ლიტლვუდის თეორემის გამოყენებით ვღებულობთ

$$\sum_{\omega_n\leqq t}\frac{\{u_k^n(Q)\}^2}{\omega_n+\varkappa_0^2}\sim\frac{1}{6\pi^2}\left[\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{3}{2}} + 2\left(\frac{1}{b}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\cdot t^{\frac{1}{2}} \tag{4.4}$$

(4.4)-დან მარტივად მიიღება შემდეგი ფორმულა [3]:

$$\sum_{\omega_n\leqq t}\{u^n(Q)\}^2\sim\frac{1}{6\pi^2}\left[\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{3}{2}} + 2\left(\frac{1}{b}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\cdot t^{\frac{3}{2}}. \tag{4.5}$$

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 29.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. Д. Купрадзе. Граничные задачи теории колебаний и интегральные уравнения. Гостехиздат, М.—Л., 1950.
2. В. Д. Купрадзе. Граничные задачи теории установившихся упругих колебаний. УМН, т. VIII, вып. 3 (55), 1953.
3. A. Pleijel. Propriétés asymptotiques des fonctions et valeurs propres de certains problémes de vibrations. Arkiv för matem., astr. och fysik, 27A, № 13, 1940.
4. H. Weyl. Das asymptotische Verteilungsgesetz der Eigenschwingungen eines beliebig gestalteten elastischen Körpers. Rend. C. Pal. XXXIX, 1915.
5. П. К. Зерагия. Об основных граничных задачах для колебательного уравнения с переменным коэффициентом. Труды Груз. политехн. инст. им. С. М. Кирова, № 20, 1949.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XV, № 4, 1954

მათემატიკა

შ. ფხაკაძე

აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 4.2.1954)

წინამდებარე ნაშრომში, ქვემოთ განსაზღვრული აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლის ცნებასთან დაკავშირებით, დასმულია რამდენიმე საკითხი და ფორმულირებულია თეორემები აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა თვისებების შესახებ [1].

ქვემოთ ვსარგებლობთ შემდეგი აღნიშვნებით: $\mathfrak{R}^n$—ევკლიდეს n-განზომილებიანი სივრცე; R_0^n—ერთეულოვანი n-განზომილებიანი კუბი; $\mathfrak{L}$—ლებეგის აზრით ზომად სიმრავლეთა კლასი; $\mathfrak{L}^0$—ლებეგის აზრით ნულზომის სიმრავლეთა კლასი; $\widetilde{l}$—ლებეგის გარე ზომა; l—ლებეგის ზომა; $\underset{\smile}{l}$—ლებეგის შიგა ზომა; CM—დამატება M სიმრავლისა. ამის გარდა ვგულისხმობთ, რომ ყველა განსახილველი სიმრავლე ეკუთვნის $\mathfrak{R}^n$ სივრცეს.

განსაზღვრა 1. ვიტყვით, რომ M' სიმრავლე არის M სიმრავლის თვლადი (სასრული) კონფიგურაცია, თუ შესაძლებელია M' წარმოდგენილ იქნეს შემდეგი სახით: $M' = \sum\limits_{i=1}^{\infty} M_i'$ $\left(\text{სახით: } M' = \sum\limits_{i=1}^{p} M_i'\right)$, სადაც M_i' არის კონგრუენტული M-ის რაღაც ქვესიმრავლისა.

განსაზღვრა 2. ვთქვათ, $\mathfrak{M}$ არის სიმრავლეთა რაიმე კლასი. ვიტყვით, რომ M სიმრავლე არის ამომწურავი (არაამომწურავი) $\mathfrak{M}$ კლასის სიმრავლეებამდე სიზუსტით, თუ არსებობს (არ არსებობს) M სიმრავლის ისეთი თვლადი კონფიგურაცია M, რომ $CM' \in \mathfrak{M}$. $\mathfrak{M}$ კლასის სიმრავლეებამდე სიზუსტით ამომწურავი (არაამომწურავი) სიმრავლის დამატებას ვუწოდოთ გაქრობადი (არაგაქრობადი) $\mathfrak{M}$ კლასის სიმრავლეებამდე სიზუსტით. სიმარტივისათვის, როცა $\mathfrak{M} = \mathfrak{L}^0$, გამოთქმას „$\mathfrak{L}^0$ კლასის სიმრავლეებამდე სიზუსტით" გამოვტოვებთ ხოლმე.

ახლა ცხადია აზრი გამოთქმებისა: „$\mathfrak{M}$ სიმრავლე არის ამომწურავი (არაამომწურავი) არაამომწურავ სიმრავლეებამდე სიზუსტით (ე. ი. $\mathfrak{N}$ კლასის სიმრავლეებამდე სიზუსტით, სადაც $\mathfrak{N}$ არის $\mathfrak{L}^0$ კლასის სიმრავლეებამდე სიზუსტით არაამომწურავ სიმრავლეთა კლასი) და ა. შ.

ვიტყვით, რომ სიმრავლეთა $\mathfrak{M}$ კლასი არის ინვარიანტული, თუ შესრულებულია შემდეგი პირობები:

---

[1] ამ შედეგების დაწვრილებითი გადმოცემა შემდგომ იქნება გამოქვეყნებული.

1°. თუ $M_i \in \boldsymbol{M}$ $(i = 1, 2, \ldots)$, მაშინ

$$\sum_{i=1}^{\infty} M_i \in \boldsymbol{M},$$

2°. თუ $M \in \boldsymbol{M}$, მაშინ $CM \in \boldsymbol{M}$,

3°. $\theta \in \boldsymbol{M}$, სადაც θ ცარიელი სიმრავლეა,

4°. $R_0^n \in \boldsymbol{M}$,

5°. თუ $M_1 \simeq M_2 \in \boldsymbol{M}$, მაშინ $M_1 \in \boldsymbol{M}$.

ლებეგის ზომის პრობლემა. ვთქვათ, $\boldsymbol{M}$ არის სიმრავლეთა ინვარიანტული კლასი. მოითხოვება მოძებნილ იქნეს $\boldsymbol{M}$-ზე განსაზღვრული სიმრავლის ფუნქცია $\mu(M)$ ისეთი, რომ

1. თუ $M_1 \simeq M_2 \in \boldsymbol{M}$, მაშინ $\mu(M_1) = \mu(M_2)$;

2. თუ $M_i \in \boldsymbol{M}$ $(i = 1, 2, \ldots)$, $M_i M_j = \theta$, როცა $i \neq j$, მაშინ

$$\mu\left(\sum_{i=1}^{\infty} M_i\right) = \sum_{i=1}^{\infty} \mu(M_i);$$

3. $\mu(R_0^n) = 1$.

ვთქვათ, $\boldsymbol{M}$ არის სიმრავლეთა ინვარიანტული კლასი, μ კი — ზომის პრობლემის ამოხსნა $\boldsymbol{M}$-ზე, რომელიც დამატებით აკმაყოფილებს პირობას:

4. თუ $N_1 \subset N_2 \in \boldsymbol{M}$, $\mu(N_2) = 0$, მაშინ $N_1 \in \boldsymbol{M}$.

ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ μ არის სრული ზომა, $\boldsymbol{M}$ კი — სრული კლასი μ-ს მიმართ.

შემდგომ „ზომის" ქვეშ ვიგულისხმებთ სიმრავლის ფუნქციას, რომელიც განსაზღვრულია რაღაც ინვარიანტულ კლასზე და აკმაყოფილებს 1, 2 და 3 პირობებს.

ვთქვათ, P არის რაიმე მოთხოვნა, აქსიომის სახით, ზომის მიმართ, რომელიც განსაზღვრულია სიმრავლეთა ინვარიანტულ კლასზე. ვიტყვით, რომ ზომა μ არის (P) ტიპისა, თუ μ დამატებით აკმაყოფილებს P მოთხოვნას. სიმრავლეთა ინვარიანტულ $\boldsymbol{M}$ კლასს ვუწოდოთ ((P) ტიპის) ამოხსნადი კლასი, თუ არსებობს $\boldsymbol{M}$ კლასზე განსაზღვრული ((P) ტიპის) ზომა. ანალოგიურად, სიმრავლეთა ინვარიანტულ $\boldsymbol{M}$ კლასს ვუწოდოთ ((P) ტიპის) სრული კლასი, თუ არსებობს $\boldsymbol{M}$ კლასზე განსაზღვრული ((P) ტიპის) სრული ზომა.

ქვემოთ P აქსიომის როლში გამოდიან შემდეგი აქსიომები:

A. $\boldsymbol{M}$ კლასის თითოეული M სიმრავლე შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს შემდეგი სახით:

$$M = L + M_1 - M_2,$$

სადაც

$$L \in \boldsymbol{L}; \quad M_1, M_2 \in \boldsymbol{M}$$

და

$$\mu(M_1) = \mu(M_2) = 0.$$

B. თითოეული დადებითი μ-ზომის სიმრავლე $\boldsymbol{M}$ კლასიდან არის ამოწურავი μ-ნული ზომის სიმრავლეებამდე სიზუსტით.

განსაზღვრა 3. ვიტყვით, რომ R^n სივრცის X სიმრავლე არის აბსოლუტურად ნულზომის, თუ X სიმრავლის თითოეული X' თვლადი კონფიგურაციისათვის არსებობს მისი შემცველი ამოხსნადი კლასი და თითოეული ასეთი $\mathbf{M}$ კლასისთვის და $\mathbf{M}$-ზე განსაზღვრული თითოეული μ ზომისათვის ზომა $\mu(X') = 0$.

განსაზღვრა 4. ვიტყვით, რომ M სიმრავლე ნორმალურია, თუ შესაძლებელია მისი შემდეგი სახით წარმოდგენა:

$$M = L + X_1 - X_2,$$

სადაც $L \in \mathbf{L}$, X_1 და X_2 კი არიან აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეები. ინვარიანტულ კლასს ვუწოდოთ ნორმალური, თუ მისი თითოეული ელემენტი ნორმალური სიმრავლეა. თუ μ არის ნორმალურ $\mathbf{M}$ კლასზე განსაზღვრული ზომა, მაშინ ვიტყვით, რომ μ არის ნორმალური ზომა, $\mathbf{M}$ კი—ნორმალურად ამოხსნადი კლასი. შემდგომ ნორმალურ სიმრავლეთა კლასს აღვნიშნავთ $\mathbf{L}'$-ით, l'-ით კი სიმრავლის ფუნქციას, რომელიც განსაზღვრულია $\mathbf{L}'$-ზე შემდეგი ფორმულით:

$$l'(M) = l(L).$$

ბუნებრივად ისმის შემდეგი ამოცანები:

ამოცანა I. არსებობს თუ არა $\mathbf{L}$-გან განსხვავებული ნორმალურად ამოხსნადი სრული კლასი?

ამოცანა I_1. არსებობს თუ არა არაზომადი აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლე?

შევნიშნოთ, რომ I და I_1 ამოცანები ეკვივალენტურია[1]; გარდა ამისა, I ამოცანის უარყოფითად გადაწყვეტიდან გამომდინარეობს, რომ ყოველი არაზომადი სიმრავლის სიმძლავრე უდრის კონტინუუმის სიმძლავრეს.

ამოცანა II. $\mathbf{L}'$ არის თუ არა ამოხსნადი კლასი?

ამოცანა II_1. $\mathbf{L}'$ არის თუ არა ინვარიანტული კლასი?

ამოცანა II_2. $\mathbf{L}'$ კლასზე განსაზღვრული სიმრავლის ფუნქცია l' არის თუ არა ზომა?

ამოცანა II_3. არსებობს თუ არა უნივერსალური ნორმალურად ამოხსნადი კლასი (უნივერსალური იმ აზრით, რომ იგი შეიცავდეს ყველა ნორმალურად ამოხსნად კლასს)?

ამოცანა II_4. აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა თვლადი ჯამი ყოველთვის არის თუ არა აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლე?

შეიძლება დამტკიცდეს, რომ II, II_1, II_2, II_3, II_4 ამოცანები ეკვივალენტურია.

ამოცანა III. არსებობს თუ არა ყველა აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლის შემცველი ამოხსნადი კლასი?

ამოცანა III_1. აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა თვლადი ჯამი ყოველთვის განსხვავდება თუ არა მთელი სივრცისაგან?.

([1] ე. ი. I ამოცანის დადებითად გადაწყვეტიდან გამომდინარეობს I_1 ამოცანის დადებითად გადაწყვეტა და პირიქით.

შევნიშნოთ, რომ III და III_1 ამოცანები ეკვივალენტურია და, გარდა ამისა, III ამოცანის უარყოფითად გადაწყვეტიდან გამომდინარეობს უარყოფითად გადაწყვეტა სერპინსკის პრობლემისა (იხ. ე. შპილრაინი [1]) გაუგრძელებადი ამოხსნადი კლასის არსებობის შესახებ.

ახლა მოვიყვანოთ აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა თვისებების შესახებ თეორემების ფორმულირებანი.

თეორემა 1. სასრული რიცხვი აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა ჯამი არის აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლე.

შედეგი: l' არის სასრულად ადიტიური ფუნქცია სიმრავლისა L'-ზე.

თეორემა 2. იმისათვის, რომ X სიმრავლე იყოს აბსოლუტურად ნულზომისა, აუცილებელია და საკმარისი, რომ იგი იყოს არამომწურავი არამომწურავ სიმრავლეებამდე სიზუსტით.

შედეგი 1. იმისათვის, რომ X სიმრავლე იყოს აბსოლუტურად ნულზომისა, აუცილებელია და საკმარისი, რომ თითოეული მისი თვლადი კონფიგურაციის დამატება იყოს ამომწურავი.

შედეგი 2. იმისათვის, რომ X სიმრავლე იყოს აბსოლუტურად ნულზომისა, აუცილებელია და საკმარისი, რომ თითოეული მისი თვლადი კონფიგურაცია იყოს გაქრობადი.

შედეგი 3. თითოეული სიმრავლე, რომლის სიმძლავრე ნაკლებია კონტინუუმის სიმძლავრეზე, აბსოლუტურად ნულზომისაა.

თეორემა 3. იმისათვის, რომ A სიმრავლე იყოს აბსოლუტურად ნულზომისა, აუცილებელია და საკმარისი, რომ თითოეული არამომწურავი B სიმრავლისათვის ჯამი $A+B$ იყოს არამომწურავი.

თეორემა 4. იმისათვის, რომ A სიმრავლე იყოს ამომწურავი (გაქრობადი), აუცილებელია და საკმარისი, რომ იგი იყოს ამომწურავი (გაქრობადი) აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეებამდე სიზუსტით.

თეორემა 5. იმისათვის, რომ X სიმრავლე იყოს აბსოლუტურად ნულზომისა, აუცილებელია და საკმარისი, რომ თითოეული ამოხსნადი $\boldsymbol{M}$ კლასისათვის არსებობდეს ისეთი ამოხსნადი $\boldsymbol{M}_1$ კლასი μ_1 ზომით, რომ

$$\boldsymbol{M} \subset \boldsymbol{M}_1, \quad X \in \boldsymbol{M}_1$$

და

$$\mu_1(X) = 0.$$

თეორემა 6. იმისათვის, რომ X სიმრავლე იყოს აბსოლუტურად ნულზომისა, აუცილებელია და საკმარისი, რომ X სიმრავლის თითოეული X' თვლადი კონფიგურაციისათვის არსებობდეს მისი შემცველი (A) ტიპის $((B)$ ტიპის$)$ ამოხსნადი კლასი და ყოველი ასეთი $\boldsymbol{M}$ კლასისათვის და თითო-

ეულ M-ზე განსაზღვრული (A) ტიპის ((B) ტიპის) μ ზომისათვის ზომა $\mu(X') = 0$.

თეორემა 7. თითოეული ნორმალური M სიმრავლე განსაზღვრავს ერთადერთ, მისთვის დამახასიათებელ ზომას იმ აზრით, რომ ეს ზომა არ არის დამოკიდებული შემცველი ამოხსნადი კლასისა და ამ კლასზე განსაზღვრული ზომის შერჩევისაგან.

შედეგი. თითოეული ნორმალურად ამოხსნადი M კლასი განსაზღვრავს მასზე განსაზღვრულ ერთადერთ ზომას μ-ს.

თეორემა 8. აქსიომა A (აქსიომა B) დამოუკიდებელია ლებეგის ზომის პრობლემის აქსიომებისაგან.

შევნიშნოთ, რომ ე. შპილრაინი [2] ამტკიცებს ამ თეორემას კონტინუუმის ჰიპოთეზაზე დაყრდნობით. აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა განხილვა იძლევა იმის საშუალებას, რომ ე. შპილრაინის დამტკიცება განთავისუფლებულ იქნეს კონტუნუუმის ჰიპოთეზის გამოყენებისაგან.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 4.2.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Э. Шпильрайн. К проблематике теории меры. Успехи математических наук, т. 1, вып. 2 (12), 1946.
2. E. Szpilrajn. Sur l'extension de la mesure lebesguienne. Fund. Math. 25, 1935.

დრეკადობის თეორია

რ. მინასიანი

შედგენილი მცირედ გალუნული ძელის გაჭიმვის ამოცანა

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 2.10.1953)

როგორც ცნობილია, სიმრუდის გავლენა ერთგვაროვანი ძელების დაძაბულ მდგომარეობაზე, მცირედ გალუნული ძელების შემთხვევაში, ძირითადად შესწავლილი იყო პ. რიზისა [4] და ა. რუხაძის [5] მიერ. წინამდებარე შრომა მიზნად ისახავს ზემოაღნიშნული ავტორების შრომათა გამოყენების საფუძველზე განიხილოს სიმრუდის გავლენა ძელის დაძაბულ მდგომარეობაზე მცირედ გალუნული შედგენილი ძელის გრძივი ძალით გაჭიმვის შემთხვევაში.

1. დავუშვათ, რომ გვაქვს მრუდე ძელი მუდმივი განივი კვეთისა, შედგენილი m პარალელური მთლიანი ძელებისაგან, რომლებიც ერთმანეთს არ ეხებიან და შემოსაზღვრული არიან დრეკადი სივრცით. ვიგულისხმოთ, რომ როგორც განსახილველი ძელი, ისე შემადგენელი ძელები შემოსაზღვრულია

$$F_j\left(x+k\frac{z^2}{2},\, y\right)=0 \quad (j=1,\, 2, \ldots,\, m+1) \tag{1}$$

ზედაპირებით, სადაც k იმდენად მცირე პარამეტრია, რომ წევრები, რომლებიც k-ს შეიცავენ კვადრატში ან უფრო მაღალ ხარისხებში, შეიძლება უკუგდებულ იქნეს.

აღვნიშნოთ λ_j, μ_j, E_j, σ_j-ით $(j=1, \ldots, m)$ და λ_0, μ_0, E_0, σ_0-ით ძელებისა და შემომსაზღვრელი მასალის შესაბამისი დრეკადი მუდმივები.

შევინარჩუნოთ პ. რიზის აღნიშვნები და შემოვიღოთ კოორდინატთა შემდეგი სისტემა:

$$\xi = x + k\frac{z^2}{2}, \quad \eta = y, \quad \zeta = z.$$

(ξ, η, ζ) სივრცეში განსახილველი შედგენილი ძელი გადადის პრიზმულ ძელში, რომლის შემადგენელი ძელები და შემომსაზღვრელი მასალა შემოსაზღვრულია ცილინდრული ზედაპირებით:

$$F_j(\xi, \eta) = 0 \quad (j=1,\, 2, \ldots,\, m+1). \tag{2}$$

ასეთი ძელის განივი S კვეთი შედგება S_j $(j=1,\, 2, \ldots,\, m)$ არეებისაგან, რომლებიც შემადგენელ მასალებს შეესაბამებიან, და S_0 არისაგან, რომელიც შემოსაზღვრულ მასალას შეესაბამება.

S_j ($j=1, 2, \ldots, m$) არეების საზღვრები აღვნიშნოთ L_j-ით ($j=1, 2, \ldots, m$), მაშინ S_0 არის საზღვარი იქნება შეკრული $L=L_1+L_2+\cdots+L_{m+1}$ კონტურები, სადაც L_{m+1} გარე კონტურია.

დამოკიდებულებანი ξ, η, ζ და x, y, z კოორდინატებით წარმოებულებს შორის ხსენებული სიზუსტის მიხედვით იქნება:

$$\frac{\partial}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial \xi}, \quad \frac{\partial}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial \eta}, \quad \frac{\partial}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial \zeta}+k\zeta\frac{\partial}{\partial \xi}, \tag{3}$$

ხოლო დამოკიდებულებანი (1) და (2) ზედაპირების ნორმალების მიმართულების კოსინუსებს შორის იმავე სიზუსტით იქნება:

$$\cos(x, n)=\cos(n, \xi), \quad \cos(x, y)=\cos(n, \eta), \quad \cos(n, z)=k\zeta\cos(n, \xi), \tag{4}$$

სადაც $\cos(n, x)$, $\cos(n, y)$, $\cos(n, z)$ (1) ზედაპირის ნორმალის მიმართულების კოსინუსებია, ხოლო $\cos(n, \xi)$ და $\cos(n, \eta)$ (2) ზედაპირის ნორმალის მიმართულების კოსინუსები.

2. ვთქვათ, $u^*(\xi, \eta)$, $v^*(\xi, \eta)$ ფუნქციები აკმაყოფილებს წონასწორობის ერთგვაროვან განტოლებებს ყოველ S_j ($j=0, 1 \ldots, m$) არეში:

$$(\lambda_j+\mu_j)\frac{\partial\theta^*}{\partial\xi}+\mu_j\Delta u^*=0, \quad (\lambda_j+\mu_j)\frac{\partial\theta^*}{\partial\eta}+\mu_j\Delta v^*=0,$$

$$\left(\theta^*\equiv\frac{\partial u^*}{\partial\xi}+\frac{\partial v^*}{\partial\eta}\right)$$

L_j ($j=1, 2, \ldots, m$) კონტურებზე შემდეგი სახის წყვეტა აქვთ:

$$u_j^*-u_0^*=(\sigma_j-\sigma_0)\,\xi, \quad v_j^*-v_0^*=(\sigma_j-\sigma_0)\,\eta.$$

შესაბამისი ძაბვის კომპონენტები გარე L_{m+1} კონტურზე აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს

$$X_x^*\cos(n, \xi)+X_y^*\cos(n, \eta)=0, \ldots,$$

ხოლო გამყოფ L_j ($j=1, 2, \ldots, m$) კონტურებზე პირობებს

$$[X_x^*\cos(n, \xi)+X_y^*\cos(n, \eta)]_0=[X_x^*\cos n\xi+X_y^*\cos(n, \eta)]_j, \ldots,$$

სადაც ნიშნაკი ყველგან უჩვენებს არეს, რომელშიც აიღება შესაბამისი გამოსახულება.

როგორც დ. შერმანმა [6] აჩვენა, ასეთ ამოცანას ყოველთვის აქვს ამოხსნა, ამიტომ ქვემოთ ჩვენ u^* და v^* ფუნქციებს ვიგულისხმებთ ცნობილად. $u^{**}(\xi, \eta)$ და $v^{**}(\xi, \eta)$-თი აღვნიშნოთ ანალოგიური ამოცანის ამოხსნა, ოღონდ იმ განსხვავებით, რომ u^{**} და v^{**} ფუნქციები L_j ($j=1, 2, \ldots, m$) კონტურებზე განიცდის შემდეგი სახის წყვეტას:

$$u_j^{**}-u_0^{**}=-\frac{1}{2}(\sigma_j-\sigma_0)(\xi^2-\eta^2), \quad v_j^{**}-v_0^{**}=-(\sigma_j-\sigma_0)\,\xi\eta.$$

3. ა. რუხაძის [2] მსგავსად, (ξ, η, ζ) სივრცეში კოორდინატთა სათავე ავიღოთ ქვედა ფუძის ინერციის განზოგადებულ ცენტრში, ხოლო $O\xi$ და $O\eta$ ღერძები მივმართოთ ინერციის განზოგადებული ღერძების გასწვრივ. ასეთ შემთხვევაში მართებულია შემდეგი ტოლობანი:

$$\sum_{j=0}^{m} \iint_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*)\, \xi d\sigma = 0, \quad \sum_{j=0}^{m} \iint_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*)\, \eta d\sigma = 0,$$

$$\sum_{j=0}^{m} \iint_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*)\, \xi\eta d\sigma = 0. \tag{5}$$

გარდა ამისა, ადგილი აქვს აგრეთვე ტოლობებს:

$$\sum_{j=0}^{m} \iint_{S_j} (E_j \xi - \lambda_j \theta^{**})\, d\sigma = 0, \quad \sum_{j=0}^{m} \iint_{S_j} (E_j \xi - \lambda_j \theta^{**})\, \eta d\sigma = 0,$$

$$\left(\theta^{**} \equiv \frac{\partial u^{**}}{\partial \xi} + \frac{\partial v^{**}}{\partial \eta}\right). \tag{6}$$

$O\zeta$ ღერძი მივმართოთ $F_j(\xi, \eta) = 0$ ზედაპირების მსახველთა პარალელურად.

ვიგულისხმოთ, რომ მოცულობითი ძალებს არა აქვს ადგილი, ძელის გვერდითი ზედაპირი თავისუფალია გარე ძალებისაგან, ხოლო ძელის ფუძეებზე მოქმედი ძალები დაიყვანება გამჭიმავ F ძალამდე, რომელიც მოდებულია ფუძის ინერციის განზოგადებულ ცენტრზე და $O\zeta$ ღერძის პარალელურად.

(ξ, η, ζ) სივრცეში გადაადგილების მდგენელებისათვის მივიღოთ შემდეგი მნიშვნელობანი:

$$\begin{aligned} u &= -a\sigma_j \xi + au^* + aku_1, \\ v &= -a\sigma_j \eta + av^* + akv_1, \\ w &= a\zeta + akw_1, \end{aligned} \tag{7}$$

$S_j\,(j = 0, 1, 2, \ldots, m)$ არეებში,

სადაც u_1, v_1, w_1 საძიებელი ფუნქციებია, ხოლო

$$a = \frac{F}{\sum_{j=0}^{m} \iint_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*)\, d\sigma}.$$

ძაბვის კომპონენტები, რომელნიც შეესაბამებიან გადაადგილების (7) მდგენელებს, ხსენებული სიზუსტის მიხედვით იქნება:

$$X_x = aX_x^* + ak\tau_{11}, \qquad X_y = aX_y^* + ak\tau_{12},$$

$$Y_y = aY_y^* + ak\tau_{22}, \qquad X_z = ak\mu_j \zeta \left(\frac{\partial u^*}{\partial \xi} - \sigma_j\right) + ak\tau_{13}, \tag{8}$$

$$Z_z = a(E_j + \lambda_j \theta^*) + ak\tau_{33}, \qquad Y_z = ak\mu_j \zeta \frac{\partial v^*}{\partial \xi} + ak\tau_{23}, \tag{8}$$

სადაც $\tau_{11}, \tau_{22}, \ldots, \tau_{23}$ ძაბვებია, რომელნიც შეესაბამებიან გადაადგილების u_1 v_1, და w_1 მდგენელებს.

თანახმად (3) და (8) ფორმულებისა, დრეკადი სხეულის წონასწორობის განტოლებანი მიიღებენ შემდეგ სახეს:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial \tau_{11}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{12}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial \zeta} - \mu_j \sigma_j + \mu_j \frac{\partial u^*}{\partial \xi} = 0, \\
&\frac{\partial \tau_{21}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{22}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial \zeta} + \mu_j \frac{\partial v^*}{\partial \xi} = 0, \\
&\frac{\partial \tau_{31}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{32}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{33}}{\partial \zeta} + (\lambda_j + \mu_j)\zeta \frac{\partial \theta^*}{\partial \xi} = 0
\end{aligned} \tag{9}$$

S_j $(j = 0, 1, 2, \ldots, m)$ არეებში.

თუ ვისარგებლებთ (9) ტოლობებით, თავსებადობის პირობები შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\begin{aligned}
&\Delta\tau_{11} + \frac{1}{1+\sigma_j} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \lambda_j \frac{\partial \theta^*}{\partial \xi} + 2\mu_j \frac{\partial^2 u^*}{\partial \xi^2} = 0, \\
&\Delta\tau_{22} + \frac{1}{1+\sigma_j} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \eta^2} + \lambda_j \frac{\partial \theta^*}{\partial \xi} + 2\mu_j \frac{\partial^2 v^*}{\partial \xi \partial \eta} = 0, \\
&\Delta\tau_{33} + \frac{1}{1+\sigma_j} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \zeta^2} + (3\lambda_j + 2\mu_j) \frac{\partial \theta^*}{\partial \xi} = 0, \\
&\Delta\tau_{23} + \frac{1}{1+\sigma_j} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \eta \partial \zeta} + (\lambda_j + \mu_j)\zeta \frac{\partial^2 \theta^*}{\partial \xi \partial \eta} = 0, \\
&\Delta\tau_{13} + \frac{1}{1+\sigma_j} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \xi \partial \zeta} + (\lambda_j + \mu_j)\zeta \frac{\partial^2 \theta^*}{\partial \xi^2} = 0, \\
&\Delta\tau_{12} + \frac{1}{1+\sigma_j} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \xi \partial \eta} + \mu_j \frac{\partial}{\partial \xi}\left(\frac{\partial u^*}{\partial \eta} + \frac{\partial v^*}{\partial \xi}\right) = 0
\end{aligned} \tag{10}$$

S_j $(j = 0, 1, 2, \ldots, m)$ არეებში,

სადაც

$$T = \tau_{11} + \tau_{22} + \tau_{33}.$$

სასაზღვრო პირობები, (4) და (8) ფორმულების თანახმად, თავისუფალ გვერდითს ზედაპირზე და გამყოფ ზედაპირებზე მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\tau_{11}\cos(n, \xi) + \tau_{12}\cos(n, \eta) = 0, \quad \tau_{21}\cos(n, \xi) + \tau_{22}\cos(n, \eta) = 0, \tag{11}$$

$$\tau_{31}\cos(n, \xi) + \tau_{32}\cos(n, \eta) + [\mu_0(2 + \sigma_0) + \lambda_0\theta^*]\zeta\cos(n, \xi) + \mu_0\left(\frac{\partial u^*}{\partial \xi}\cos(n, \xi) + \frac{\partial v^*}{\partial \xi}\cos(n, \eta)\right)\zeta = 0$$

L_{m+1} კონტურზე,

$$[\tau_{11}\cos(n,\xi)+\tau_{12}\cos(n,\eta)]_0-[\tau_{11}\cos(n,\xi)+\tau_{12}\cos(n,\eta)]_j=0,$$

$$[\tau_{21}\cos(n,\xi)+\tau_{22}\cos(n,\eta)]_0-[\tau_{21}\cos(n,\xi)+\tau_{22}\cos(n,\eta)]_j=0,$$

$$\begin{gathered}[\tau_{31}\cos(n,\xi)+\tau_{32}\cos(n,\eta)]_0-[\tau_{31}\cos(n,\xi)+\tau_{32}\cos(n,\eta)]_j \\ +\left[\left(\mu\sigma+2\mu+\lambda\theta^*+\mu\frac{\partial u^*}{\partial\xi}\right)_0-\left(\mu\sigma+2\mu+\lambda\theta^*+\mu\frac{\partial u^*}{\partial\xi}\right)_j\right]\zeta\cos(n,\xi) \\ +\left(\mu_0\frac{\partial v_0^*}{\partial\xi}-\mu_j\frac{\partial v_j^*}{\partial\xi}\right)\zeta\cos(n,\eta)=0\end{gathered} \tag{12}$$

L_j $(j=1, 2, \ldots, m)$ კონტურზე.

წონასწორობის (9) განტოლებები, თავსებადობის (10) პირობები და აგრეთვე სასაზღვრო (11) და (12) პირობები დაკმაყოფილებული იქნება, თუ $\tau_{11}, \tau_{22}, \ldots, \tau_{23}$ ძაბვათა მნიშვნელობებს ავიღებთ შემდეგი სახით[1]:

$$\begin{aligned}\tau_{11}&=-\mu_j\left(\omega+u^*-2p\int^{\xi}u^{**}d\xi+2pf+q\varphi\right)-pX_x^{**}\zeta^2 \\ &\qquad -pE_j\left(\frac{\sigma_j}{1+\sigma_j}\xi\eta^2-\frac{1}{3}\xi^3\right)+\frac{\partial^2\Phi}{\partial\eta^2}, \\ \tau_{22}&=-\mu_j\left(\omega+\int^{\eta}\frac{\partial v^*}{\partial\xi}d\eta-2p\int^{\eta}v^{**}d\eta+2pf+q\varphi\right)-pY_y^{**}\zeta^2+\frac{\partial^2\Phi}{\partial\xi^2}, \\ \tau_{33}&=\mu\left[2\omega-\sigma_j\left(u^*+\int^{\eta}\frac{dv^*}{\partial\xi}\partial\eta\right)+4pf+2q\varphi+2\sigma_jp\left(\int^{\xi}u^{**}d\xi+\int^{\eta}v^{**}d\eta\right)\right] \\ &\qquad +pE_j\left(\frac{\sigma_j}{1+\sigma_j}\xi\eta^2-\frac{1}{3}\xi^3\right)+p(E_j\xi-\lambda\theta^{**})\zeta^2+\sigma_j\Delta\Phi, \\ \tau_{12}&=X_y^{**}\zeta^2-\frac{1}{2}\mu_jq(\xi^2-\eta^2)-\frac{\partial^2\Phi}{\partial\xi\partial\eta}, \\ \tau_{13}&=\mu_j(\omega'_{\xi}+\sigma_j+2pf'_{\xi}-2pu^{**})\zeta+E_jp\left(\frac{\sigma_j}{1+\sigma_j}\eta^2-\xi^2\right)\zeta+\mu_jq(\varphi'_{\xi}-\eta)\zeta, \\ \tau_{23}&=\mu_j(\omega'\eta+2pf\eta'-2pv^{**})\zeta+\mu_jq(\varphi'\eta+\xi)\zeta,\end{aligned} \tag{13}$$

S_j არეში $(j=0, 1, 2, \ldots, m)$,

სადაც $\varphi(\xi,\eta)$ გრეხის ფუნქციაა (2) ზედაპირით შემოსაზღვრული შედგენილი ძელისათვის. ω, f და Φ ფუნქციები განსაზღვრულია შემდეგი პირობებით:

$$\begin{gathered}\mu_j\Delta\omega=-(\lambda_j+\mu_j)\frac{\partial\theta^*}{\partial\xi}, \\ \Delta\Delta\Phi=4(\lambda_j+\mu_j)\left(2p\theta^{**}-\frac{\partial\theta^*}{\partial\xi}\right), \\ \mu_j\Delta f=(\lambda_j+\mu_j)\theta^{**}\end{gathered} \tag{14}$$

S_j $(j=0, 1, 2, \ldots, m)$ არეებში.

([1] ამონახსნების (13) სახით არჩევაში ჩვენ დაგვეხმარა ა. რუხაძე.

$$\mu_0 \frac{d\omega}{dn} = -(E_0 + \lambda_0\theta^*)\cos(n,\xi) - \mu_0\left(\frac{\partial u_0^*}{\partial \xi}\cos(n,\xi) + \frac{\partial v_0^*}{\partial \xi}\cos(n,\eta)\right),$$

$$\mu_0 \frac{df}{dn} = \mu_0\left(u_0^{**}\cos(n,\xi) + v_0^{**}\cos(n,\eta)\right) - \frac{1}{2}E_0\left(\frac{\sigma_0}{1+\sigma_0}\eta^2 - \xi^2\right)\cos(n,\xi),$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} = \int^s \left[\mu_0 H_0(\xi,\eta)\cos(n,\eta) - \frac{1}{2}\mu_0 q(\xi^2-\eta^2)\cos(n,\xi)\right] ds, \tag{15}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \eta} = \int^s \left[\mu_0 K_0(\xi,\eta)\cos(n,\xi) + \frac{1}{2}\mu_0 q(\xi^2-\eta^2)\cos(n,\eta)\right] ds,$$

L_{m+1} კონტურზე და პირობებით:

$$\mu_0\left(\frac{d\omega}{dn}\right)_0 - \mu_j\left(\frac{d\omega}{dn}\right)_j = \left[\left(E+\lambda\theta^*-\mu\frac{du^*}{d\xi}\right)_0 - \left(E+\lambda\theta^*-\mu\frac{\partial u^*}{\partial \xi}\right)_j\right]\cos(n,\xi)$$
$$-\left(\mu_0\frac{\partial v_0^*}{\partial \xi} - \mu_j\frac{\partial v_j^*}{\partial \xi}\right)\cos(n,\eta),$$

$$\mu_0\left(\frac{df}{dn}\right)_0 - \mu_j\left(\frac{df}{dn}\right)_j = (\mu_0 u_0^{**} - \mu_j u_j^{**})\cos(n,\xi)$$
$$-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{E_0\sigma_0}{1+\sigma_0} - \frac{E_j\sigma_j}{1+\sigma_j}\right)\eta^2 - (E_0 - E_j)\xi^2\right]\cos(n,\xi)$$
$$+(\mu_0 v_0^{**} - \mu_j v_j^{**})\cos(n,\eta), \tag{16}$$

$$\left(\frac{\partial\Phi}{\partial\xi}\right)_0 - \left(\frac{\partial\Phi}{\partial\xi}\right)_j = \int^s \left\{[\mu_0 H_0(\xi,\eta) - \mu_j H_j(\xi,\eta)]\cos(n,\eta)\right.$$
$$\left. - \frac{1}{2}(\mu_0-\mu_j)q(\xi^2-\eta^2)\cos(n,\xi)\right\} ds,$$

$$\left(\frac{\partial\Phi}{\partial\eta}\right)_0 - \left(\frac{\partial\Phi}{\partial\eta}\right)_j = \int^s \left\{[\mu_0 K_0(\xi,\eta) - \mu_j K_j(\xi,\eta)]\cos(n,\xi)\right.$$
$$\left. + \frac{1}{2}(\mu_0-\mu_j)q(\xi^2-\eta^2)\cos(n,\eta)\right\} ds$$

L_j $(j = 1, 2, \ldots, m)$ კონტურებზე,
სადაც

$$H_j(\xi,\eta) = -\omega - q\varphi - \int^\eta \frac{\partial v^*}{\partial \xi} d\eta - 2p\left(f - \int^\eta v^{**} d\eta\right),$$

$$K_j(\xi,\eta) = \omega + q\varphi + u^* + 2p\left[f - \int^\xi u^{**} d\xi + \left(\sigma_j \xi\eta^2 - \frac{\sigma_j + 1}{3}\xi^3\right)\right].$$

თუ ვისარგებლებთ ოსტროგრადსკი-გრინის ფორმულით, ძნელი არ იქნება დავინახოთ, რომ ω და f განუწყვეტელი ფუნქციის არსებობის აუცილებელი და საკმარისი პირობები შესრულებულია.

შესრულებულია აგრეთვე L_j $(j = 1, 2, \ldots, m+1)$ კონტურებზე შემოვლის დროს $\frac{\partial \Phi}{\partial \xi}$ გამოთქმის ცალსახობის პირობა, ხოლო $\frac{\partial \Phi}{\partial \eta}$ გამოსახულების ცალსახობა p მუდმივისათვის შემდეგ მნიშვნელობას იძლევა:

$$p = \frac{\sum\limits_{j=0}^{m} \iint\limits_{S_j} (E_j + \lambda_j \theta^*)\, d\sigma}{2 \sum\limits_{j=0}^{m} \iint\limits_{S_j} (E_j \xi - \lambda_j \theta^{**})\, \xi d\sigma}. \tag{17}$$

q მუდმივი განისაზღვრება ტოლობით

$$\begin{aligned} q \sum_{j=0}^{m} \iint\limits_{S_j} \mu_j \left[\left(\xi \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} - \eta \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} \right) + (\xi^2 + \eta^2) \right] d\sigma \\ + \sum_{j=0}^{m} \iint\limits_{S_j} \mu_j \left[\left(\xi \frac{\partial \omega}{\partial \eta} - \eta \frac{\partial \omega}{\partial \xi} \right) + \left(\xi \frac{\partial v^*}{\partial \xi} - \eta \frac{\partial u^*}{\partial \xi} \right) \right. \\ \left. + 2p \left(\xi \frac{\partial f}{\partial \eta} - \eta \frac{\partial f}{\partial \xi} \right) + 2p (\eta u^{**} - \xi v^{**}) + \eta \xi^2 + \sigma_j (\xi^2 - \eta^2) \eta \right] d\sigma = 0, \end{aligned} \tag{18}$$

რომელიც უზრუნველყოფს Φ ფუნქციის ცალსახობას L_{m+1} კონტურის ავლის დროს.

უნდა შევნიშნოთ, რომ $\zeta = l$ ზედაპირზე გამოთვლილი ძაბვები საზოგადოდ არ დაიყვანება გამჭიმავ F ძალამდე; ამიტომ აღნიშნულ ზედაპირზე რომ დავაკმაყოფილოთ მოთხოვნილი პირობა, საჭიროა მიღებულ ამოხსნას დავუმატოთ სენ-ვენანის გარკვეული ამოცანების ამონახსნები $F_j(\xi, \eta) = 0$ ზედაპირებით შემოსაზღვრული შედგენილი პრიზმული ძელისათვის.

აზიზბეკოვის სახელობის
აზერბაიჯანის ინდუსტრიული ინსტიტუტი
ბაქო

(რედაქციას მოუვიდა 30.10.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Третье издание. М., 1949.
2. А. К. Рухадзе. К вопросу деформации брусьев, близких к призматическим, составленных из различных упругих материалов. Труды ГПИ № 23, 1951.

3. А. К. Рухадзе. Задача изгиба парой естественно закрученных призматических брусьев, составленных из различных упругих материалов. Сообщения АН ГССР. Т. XIII, № 5, 1952.
4. П. М. Риз. Деформация стержня со слабо изогнутой осью. ДАН СССР, т. XXIV, вып. 2, 3, 1939.
5. А. К. Рухадзе. Некоторые обобщения задач Сен-Венана. Докторская диссертация. Тбилиси, 1947.
6. Д. И. Шерман. Статическая плоская задача теории упругости для изотропных неоднородных сред. Труды Сейсмологического института АН СССР, № 86, 1938.

მეტეოროლოგია

ი. ქურდიანი

ნორმალური ტიპის ფსიქრომეტრული დანადგარის ვენტილაციის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 20.11.1953)

ცნობილია, რომ არსებული ფსიქრომეტრული ცხრილების [1] შედგენის დროს ჰაერის მოძრაობის სიჩქარე ფსიქრომეტრულ დანადგარში ნავარაუდევია დაახლოებით 0,8 მ/სეკ. ამისდა მიხედვით ფსიქრომეტრულ მუდმივად მიჩნეულია $A=0{,}0007947$.

მაგრამ, როგორც ლ. შჩერბაკოვას გამოკვლევები [5] გვიჩვენებს, სინამდვილეში არსებული სიჩქარეები ხშირად ძალიან განირჩევა აღნიშნული ნავარაუდევი სიდიდისაგან და დამოკიდებულია იმ ადგილის კლიმატურ პირობებზე, სადაც მოწყობილია აღნიშნული დანადგარები. ეს გარემოება არ შეიძლება არ მოქმედებდეს ფსიქრომეტრული მუდმივის A სიდიდეზე.

მართლაც, ჯერ კიდევ ნ. ზვორიკინის მიერ იყო ნაჩვენები, რომ ფსიქრომეტრული მუდმივის დამოკიდებულებას ვენტილაციის სიჩქარეზე (v) შემდეგი სახე აქვს [2]:

$$10^6 A = 593{\cdot}1 + \frac{135{\cdot}1}{\sqrt{v}} + \frac{48{,}0}{v} \tag{1}$$

ამიტომ ადვილი საჩვენებელია, რომ თუ A და A_1 არის ფსიქრომეტრულ მუდმივთა ის მნიშვნელობანი, რომლებიც მიღებულია v და v_1 სიჩქარეების მიხედვით, მაშინ წნევის (p), ტემპერატურისა (t) და სინოტივის (e) ერთი და იმავე პირობებისათვის ფსიქრომეტრულ გაზომვათა შედეგად სხვაობა მათ შორის აღწევს

$$\Delta r = r - r_1 = \frac{100}{E}(A_1 - A)p(t - t_1), \tag{2}$$

ე. ი. ეს სხვაობანი პირდაპირ პროპორციულია სხვაობისა $A_1 - A$ p, t და $t - t_1$ ელემენტთა მუდმივობის პირობებში.

თუ ავიღებთ, მაგალითად, $A_1 = 0{,}000662$, ე. ი. ისეთ სიდიდეს, რომელიც მიღებულია ასმანის ფსიქრომეტრისათვის, მაშინ $t=20°$, $p=1000$ მბ და $t - t_1 = 10°$-თვის ვღებულობთ:

$$\Delta r = 5{,}7\%.$$

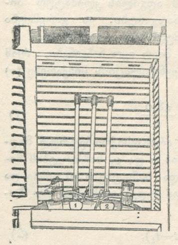
t და t_1-გან დამოკიდებულებით ეს სხვაობები შეიძლება აღწევდეს 10—15% და იზრდება ტემპერატურის დაცემისას 0°C-ზე დაბლა.

ფორმულა (1)-ის მიხედვით, როგორც ცნობილია, დგება შესწორებათა ის ცხრილები, რომელთა შემწეობით მიიღება სინოტივის დამახასიათებელი

სიდიდეები, როდესაც საფუძვლად აღებულია ჩვეულებრივი ფსიქრომეტრული ცხრილები.

ამიტომ ბუნებრივია მოველოდეთ, რომ როდესაც ვენტილაციის სიჩქარე განსხვავდება მიღებული სიდიდისაგან $v=0{,}8$ მ/სეკ. იცვლება აგრეთვე სხვაობა $A-A_1$ და, მაშასადამე, გაზომვათა მიღებული შედეგები მით უფრო მეტად იქნება განსხვავებული ასმანის ფსიქრომეტრით მიღებულ განაზომებისაგან, რამდენადაც უფრო მშრალი აღმოჩნდება ჰაერი. ამიტომ გასაგებია, რომ განსხვავებები ზოგჯერ $\Delta r=20\%$ აღწევს. ამას მოწმობს აკად. მ. რიკაჩევის [7] მიერ ჩატარებული გაზომვები.

1948 წელს მთავარი გეოფიზიკური ობსერვატორიის მიერ ყარაყუმში მოწყობილ ექსპედიციაში ი. ვორობიოვის დაკვირვებებით დასტურდება ვენტილაციის არაერთგვაროვნების გავლენა სინოტივის სიზუსტით განსაზღვრაზე. სამწუხაროდ, მისი დაკვირვებები წარმოებული იყო მხოლოდ 4—10 მ/სეკ. ქარის სიჩქარის დროს და ამიტომ ცდომილებების უკიდურესი სიდიდე მხოლოდ 8% იყო მიღებული. დაკვირვებები რომ წარმოებულიყო მაშინაც, როცა ქარის სიჩქარე <2 მ/სეკ, მაშინ დავინახავდით, რომ ცდომილებანი 15—20%-საც კი აღწევენ.

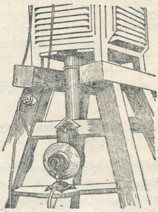


სურ. 1. ფსიქრომეტრული დანადგარის შიდა ხედი

ყველაფერი ეს გვეუბნება, რომ სრულიად ერთგვაროვან და თანატოლფასიან დაკვირვებათა მისაღებად საჭიროა ნორმალური ფსიქრომეტრული დანადგარი უზრუნველყოფილ იქნეს ვენტილაციის მხრივ ისეთივე პირობებით, როგორიც აქვს ასმანის ფსიქრომეტრს.

რამდენადაც საბჭოთა კავშირის მეტეოროლოგიური სამსახურის პრაქტიკაში მიღებულია სახმარებლად ცხრილები, შედგენილი $v=0{,}8$ მ/სეკ-თვის, სასურველი იქნებოდა ამ სიჩქარით ჰაერის ვენტილაციის მუდმივად უზრუნველყოფა. ამ მიზნით ფსიქრომეტრული დანადგარის ქვედა ნაწილში გატარებულია $d=8$ სმ დიამეტრის მილი, რომელიც მარცხნივ და მარჯვნივ დაბლაა ჩაშვერილი. მარცხნივ სავენტილაციო მილი თავისი ღია პირით ბუდრუგანის ფსკერს ებჯინება სათანადო ზომის ჭრილში (სურ. 1). მარჯვენა მხარეს მილი შეერთებულია ვენტილიატორთან, რომელიც ბუდრუგანის ფეხებს შუა მოწყობილ თაროზეა დამაგრებული. ვენტილიატორი (ელდენის) გამოქაჩავს ჰაერს თანაბარი სიჩქარით $v=2{,}4$ მ/სეკ. მარცხნიდან მარჯვნივ—ქვევითკენ. ჰაერი, აღებული ბუდრუგანის ფსკერის სიმაღლეზე, მიმდევრობით შემოუვლის მილში ჩასმულ სამ ფსიქრომეტრულ თერმომეტრს: 95% სპირტით (C_2H_5OH) დასველებულს, მშრალს და დისტილირებული წყლით დასველებულს (სურ. 2). ეს თერმომეტრები ჩაშვებულია სავენტილაციო მილში ისე, რომ მათი ბირთვები მილის გეომეტრიული ღერძის გასწვრივ ერთნაირ სიმაღლეზეა. თერმომეტ-

რები დაცილებულია ერთმანეთს 6 სმ-ით და დაკიდებულია სპეციალურ შტატივზე, რომელიც უძრავად მიმაგრებულია ბუდრუგანის ფსკერზე. მილი ამოჭრილია სველი თერმომეტრების ბირთვების პირდაპირ (1)—(2), საიდანაც საჭიროების დროს შეიძლება გაეწიოს კონტროლი ბატისტის სისველეს. ბატისტი მექანიკურად სველდება რეზინის „საწუწნის" შემწეობით, რომელიც ჩამოეცმის თერმომეტრის ქვედა ნაწილს ბირთვზე ცოტა ზემოთ. სველ თერმომეტრებს ბატისტი ქვემოდან აქვს წაჭრილი; ბატისტს წაგრძელება ზემოდან აქვს დატოვებული და მოთავსებულია რეზინის „საწუწნის" ქვეშ (სურ. 3). სითხე ჩამოჟონავს ბატისტზე და თანაბრად ასველებს მას. „საწუწნისაკენ" სითხე მოედინება მასზე მიწებებული მილით, რომელიც შეერთებულია სათანადო სითხით ნახევრად სავსე ჭიქასთან. ეს ჭიქა მაგრდება სავენტილაციო მილზევე თერმომეტრების ბირთვების დონეზე მაღლა. სითხის დენადობის რეგულირება შეიძლება სურვილისამებრ სათანადო საჭერით, რომელიც რეზინის მილს უკეთდება. სპირტით დასველებული თერმომეტრის დანიშნულებაა ზამთრის პირობებში დაკვირვებათა უზრუნველყოფა [8], როდესაც ჩვეულებრივი მეთოდით აღნიშნული გაზომვები $t < -5°C$ დროს მიზანს ვერ აღწევს [10]. ბეწვის ჰიგრომეტრს, მისი ცნობილი დეფექტურობის გამო, არ ვათავსებთ ბუდრუგანაში.

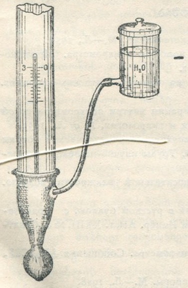

სურ. 2. ფსიქრომეტრული დანადგარი სავენტილაციო მილით

ელდენის უქონლობის შემთხვევაში ვენტილატორის ბრუნვა შეიძლება ხელითაც, თუმცა უმჯობესია ამისათვის მას გაუკეთდეს ისეთივე მოწყობილობა, როგორიც აქვს ასმანის ფსიქრომეტრს.

აღწერილი სახის ვენტილირებული ფსიქრომეტრის დადგმით შეიძლება უზრუნველყოფა ერთგვაროვანი და თანატოლფასიანი დაკვირვებისა, ვიდრე ამჟამად გვაქვს საბჭოთა კავშირის მეტეოროლოგიურ სადგურთა ქსელში.

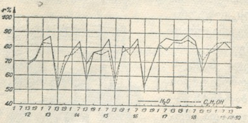
აღწერილი ტიპის დადგმულობა ცდის სახით მოწყობილია სტალინის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მეტეოროლოგიურ სადგურზე 1953 წლის შემოდგომიდან.

სურ. 4 მოცემულია პარალელურ დაკვირვებათა შედეგები, როცა ვენტილაციის სიჩქარე $v = 2$ მ/სეკ. როგორც მოსალოდნელი



სურ. 3. სველი თერმომეტრის მოწყობილობა

იყო, თანხვდენილობა უკეთესია ვენტილაციის დროს, რასაც მოწმობს ერთდროული მონაცემები, მიღებული ასმანის ფსიქრომეტრით.



სურ. 4. შეფარდებითი სინოტივის მსვლელობა, მიღებული წყლის და სპირტის მეთოდით

ბოლოს აქ საჭიროდ მიგვაჩნია შევეხოთ ვ. პუზანოვის [3] კრიტიკულ შენიშვნებს ნულოვანი სიდიდის შეფარდებითი სინოტივეების შესახებ, რომლებიც ზოგჯერ ზოგიერთ მეტეოროლოგიურ სადგურზე მიიღება, განსაკუთრებით მთიან ქვეყნებში, ჰაერის დაბალი უარყოფითი ტემპერატურების დროს. ამ საკითხს ჩვენ ვეხებოდით ერთ-ერთ შრომაში [6], აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ ორი შესაძლო გზიდან, რომლებიც ნაჩვენებია ვ. პუზანოვის მიერ მეტეოროლოგიურ სადგურებზე სინოტივის გაზომვათა გასაუმჯობესებლად, ჩვენ უფრო მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ამ მიზნისათვის იხმარებოდეს ზემოთ აღწერილი ტიპის მუდმივი სიჩქარის ვენტილაციის მქონე ფსიქრომეტრული მოწყობილობა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.11.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Психрометрические таблицы. ГУГМС GCCР. Гидрометеоиздат., М.—Л., 1950.
2. Н. Зворыкин. Измерения влажности воздуха с помощью психрометра. Приложение к т. X, Записок Академии наук, № 6, 1881.
3. В. П. Пузанов. Измерение влажности воздуха на метеорологических станциях. Метеорология и гидрология, № 9, Л., 1953.
4. И. Е. Воробьев. Влияние неоднородности аспирации внутри психрометрической будки на показания термометров. Метеорология и гидрология, № 9, Л., 1953.
5. Л. Шербакова. Скорость движения воздуха внутри психрометрической будки и ее влияние на точность измерений влажности. Труды научно-исследов. учреждений ГГО. Серия 1, вып. 23, 1947.
6. И. Г. Курдиани. О возможных минимумах относительной влажности воздуха. Сообщения АН ГССР, т. IX, № 2, 1948.
7. М. А. Рыкачев. Сравнения психрометра Ассмана с русской будкою, с французскою защитою и с английскою клеткою. Записки Импер. АН, т. XXIII, № 6, Санкт-Петербург, 1909.
8. И. Г. Курдиани. Тепловой баланс спиртового психрометра. Сообщения АН ГССР, т. XIV, № 10, 1953.
9. В. Н. Кедрилванский. Метеорологические приборы. М.—Л., 1948.
10. М. И. Гольцман. Основы методики аэрофизических измерений. М.—Л., 1950.

ქიმია

რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი) და
ლ. ჯაფარიძე

ამონიუმის ქრომატის დანამატის გავლენა მანგანუმის პოტენციალსა და კოროზიაზე ამონიუმის ქლორიდში

ლითონის კოროზიისაგან დაცვის მრავალ სხვა ხერხს შორის თავისი ეფექტურობით ეგრეთ წოდებული შემანელებლების (ინგიბიტორების) გამოყენების ხერხი გამოირჩევა. კოროზიისაგან ლითონის შემანელებლებით დაცვა დამყარებულია ზოგიერთი ნივთიერების თვისებაზე—კოროზიული პროცესი შეანელოს ან სავსებით შეწყვიტოს ელექტროლიტში დამატების დროს. თავისი მოქმედებით შემანელებლები სამ ჯგუფად იყოფა: 1) ანოდური შემანელებლები, 2) კათოდური შემანელებლები და 3) შერეული შემანელებლები.

ანოდური შემანელებელი ამუხრუჭებს (ანელებს) კოროზიას ან ხსნარში ლითონის იონების გადასვლის სიჩქარის კლებისა, ან კოროზიის ფართობის შემცირების გამო, რაც დამცველი ფენის შექმნითაა გამოწვეული. კათოდური შემანელებელი ამცირებს კოროზიას კათოდური პროცესების დამუხრუჭების (გადაძაბვის გაზრდის) გამო. შერეულ შემანელებელს საშუალო ადგილი უჭირავს და ამუხრუჭებს როგორც ანოდურ, ისე კათოდურ პროცესებს.

პრაქტიკაში კოროზიის შესაწყვეტად ნეიტრალურ, სუსტ მჟავა და სუსტ ტუტე არეში ხშირად კოროზიის შემანელებლად ქრომატებსა და ბიქრომატებს იყენებენ.

ლითონის კოროზიაზე ქრომატებისა და ბიქრომატების მოქმედების ადსორბციული მექანიზმის თვალსაზრისით ლითონის რეაქციული უნარის შემცირება გამოწვეულია მასზე ქრომატის ან ბიქრომატის ადსორბირებული ფენის არსებობით.

როგორც გამოირკვა, რკინის კოროზიის დროს ქრომატი შერეული შემანელებლის როლს ასრულებს, რომელიც ნაწილობრივ კათოდურ და, უპირატესად, ანოდურ პროცესებს ამუხრუჭებს [1]. ნეიტრალური ელექტროლიტისთვის 1 გ/ლ $K_2Cr_2O_7$ დამატებით რკინის ელექტროდი, ანოდური პროცესის ძლიერი გადაძაბვის გამო, სავსებით პასიური ხდება. კალიუმის ქრომატი უფრო ეფექტურია, რადგან ის ტუტე არეს ქმნის.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ქრომატის გავლენა მანგანუმის ხსნადობაზე ამონიუმის ქლორიდის ხსნარში. გარდა ამისა, გვაინტერესებდა შემანელებლის მოქმედების განსაზღვრა როგორც მთელ კოროზიულ, ისე ანოდურ და კათოდურ პროცესებზე. ხსნარში უცხო კათიონის შეტანის თავიდან ასაცილებლად შემანელებლად ამონიუმის ქრომატი ავირჩიეთ.

1. მანგანუმის ხსნადობა $4N\ NH_4Cl+(NH_4)_2CrO_4$ შედგენილობის ხსნარებში

ექსპერიმენტის მეთოდიკა ამ შემთხვევაში იგივე იყო, რაც საწყის ხსნარ— ამონიუმის ქლორიდში ხსნადობის შესწავლის დროს [2]. განსხვავება მხოლოდ ის იყო, რომ შემანელებლის შემცველ ხსნარებში მანგანუმის ხსნადობაზე დაკვირვება დროის დიდ მონაკვეთში მიმდინარეობდა, რადგანაც გამოირკვა, რომ ამ ხსნარებში გახსნის პროცესი გაცილებით ნაკლები სიჩქარით წარმოებს. ქვემოთ ვაქვეყნებთ ცდების შედეგებს.

ცხრილი 1

გამოყოფილი აირის რაოდენობა (V) და მანგანუმის გახსნის სიჩქარე ($\Delta V/\Delta t$)

დრო საათებში	ელექტროლიტი					
	$4N\ NH_4Cl+$ 0,25 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$		$4N\ NH_4Cl+$ 0,5 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$		$4N\ NH_4Cl+$ 0,7 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$	
	V სმ³/სმ²	$\Delta V/\Delta t$ სმ³/სმ² საათში	V სმ³/სმ²	$\Delta V/\Delta t$ სმ³/სმ² საათში	V სმ³/სმ²	$\Delta V/\Delta t$ სმ³/სმ² საათში
1	3,5	3,5	0,9	0,9	0,5	0,5
2	6,5	3,0	1,3	0,4	0,9	0,4
3	12,2	5,7	2,1	0,8	1,3	0,4
4	18,1	5,9	3,0	0,9	2,1	0,8
5	23,0	4,9	4,0	1,0	3,0	0,9

ცდების შედეგებიდან ჩანს, რომ ამონიუმის ქრომატი საგრძნობ გავლენას ახდენს მანგანუმის ხსნადობაზე.

წინა ნაშრომში [2] ჩვენ მიერ დადგენილ იქნა, რომ $4N\ NH_4Cl$-ში მანგანუმის გახსნის სიჩქარე საათში 18,5 სმ³/სმ²-ის ტოლია. ამონიუმის ქლორიდში 0,25 გ/ლ შემანელებლის შეტანა უკვე 5,3-ჯერ ამცირებს მანგანუმის გახსნის სიჩქარეს (იხ. ცხრილი 1) სუფთა ამონიუმის ქლორიდში გახსნის სიჩქარესთან შედარებით. შემანელებლის კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად მანგანუმის ხსნადობა შესაბამად მცირდება; $4N\ NH_4Cl+10$ გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$ შედგენილობის ხსნარში, მაგალითად, მანგანუმის გახსნის სიჩქარე, სუფთა ამონიუმის ქლორიდში გახსნის სიჩქარესთან შედარებით, დაახლოებით 1.500-ჯერ მცირდება (იხ. ცხრილი 2 ერთ საათზე გადაანგარიშებით).

რამდენად მკვეთრად კლებულობს მანგანუმის გახსნის სიჩქარე შემანელებლის შემცველ ხსნარებში, შეიძლება ნახ. 1-ზე დავინახოთ.

ელექტროლიტში 0,25—0,7 გ/ლ ქრომატის დამატებისას მანგანუმის ხსნადობა იმდენად შესამჩნევია, რომ შესაძლებელია მისი ყოველი საათის შემდეგ განსაზღვრა; დამატებული ქრომატის რაოდენობის გადიდებასთან ერთად გახსნის პროცესის სიჩქარე მკვეთრად კლებულობს და მისი განსაზღვრა შესაძლებელი ხდება მხოლოდ რამდენიმე დღის შემდეგ.

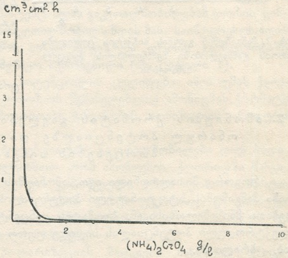
საჭიროა აღინიშნოს, რომ ქრომატის თანდასწრებისას ლითონის ზედაპირი გარეგნულად უცვლელი რჩება. მხოლოდ ქრომატის მაღალი კონცენტრაციის (3—10 გ/ლ) ხსნარებში შეუიარაღო თვალით შეიძლება შემჩნეულ

ცხრილი 2

გამოყოფილი აირის რაოდენობა და მანგანუმის გახსნის სიჩქარე

დრო დღეღამეში	ელექტროლიტი									
	$4nNH_4Cl+$ 1 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$		$4nNH_4Cl+$ 2 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$		$4nNH_4Cl+$ 3 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$		$4nNH_4Cl+$ 5 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$		$4nNH_4Cl+$ 10 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$	
	V სმ³/სმ²	ΔV/Δt სმ³/სმ² დღეღამეში	V სმ³/სმ²	ΔV/Δt სმ³/სმ² დღეღამეში	V სმ³/სმ²	ΔV/Δt სმ³/სმ² დღეღამეში	V სმ³/სმ²	ΔV/Δt სმ³/სმ² დღეღამეში	V სმ³/სმ²	ΔV/Δt სმ³/სმ² დღეღამეში
1	3,0	3,0	1,9	1,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0,3	0,3
2	5,1	2,1	3,0	1,1	1,0	0,3	0,9	0,3	0,6	0,3
3	7,0	1,9	3,9	0,9	1,4	0,4	1,2	0,3	0,7	0,1
4	8,3	1,3	4,6	0,7	1,8	0,4	1,4	0,2	0,8	0,1
5	9,4	1,1	5,2	0,6	2,2	0,4	1,6	0,2	0,9	0,1
6	10,7	1,3	5,9	0,7	2,4	0,2	1,7	0,1	1,0	0,1
7	11,3	0,6	6,2	0,3	2,6	0,2	1,8	0,1	1,0	0,0

იქნეს ლითონზე ფაზური ფენის (მუქი ლაქის სახით) წარმოქმნა. რაც შეეხება გახსნის სიჩქარის ცვლილებას დროის განმავლობაში (იხ. ნახ. 2), წმინდა ამონიუმის ქლორიდში, გახსნის სიჩქარისაგან განსხვავებით, ის, შემანელებლის შემცველ ხსნარებში, თანდათან კლებულობს. ქრომატის დაბალი კონცენტრაციის დროს შემჩნეულია შებრუნებული მოვლენა (იხ. ცხრილი 1).



ნახ. 1. შემანელებლის კონცენტრაციის გავლენა მანგანუმის გახსნის სიჩქარეზე

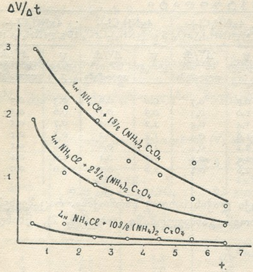
როგორც ჩანს, ქრომატის დამცველი თვისება ხსნარში მანგანუმის ყოფნის ხანგრძლიობისაგანაა დამოკიდებული. ნახ. 2-ზე მრუდების განლაგებიდან ჩანს, რომ ქრომატის კონცენტრაციის კლებისას ეს მოვლენა უფრო საგრძნობი ხდება.

ცხადია, ქრომატის მფარავი თვისების გადიდება გამოწვეული უნდა იყოს ან ადსორბციული ეფექტის ზრდით (პოტენციალის გაკეთილშობილებასთან დაკავშირებით), ან ლითონზე მეორეული პასიური ფენის შექმნით, რაც ქრომატისა და მანგანუმის ურთიერთქმედებითაა გამოწვეული.

ლიტერატურული მონაცემებით [1] ლითონებზე ქრომატის აღდგენა დიდი გადაძაბვით მიმდინარეობს[1]. რკინაზე, მაგალითად, ამ მოვლენას (აღდ-

([1] უფრო სწორად, პირველად აღდგენა ხდება, მაგრამ პირველადი პასიური ფენის წარმოქმნის შემდეგ პროცესის გადაძაბვა იზრდება.

გენას) სრულიად არა აქვს ადგილი. თავისთავად იგულისხმება, რომ მანგანუმზე, რომლის სტაციონარული პოტენციალი რკინაზე საგრძნობლად უფრო ელექტროუარყოფითია, შესაძლებელია ქრომატის შემდეგი რეაქციით აღდგენა:



ნახ. 2. მანგანუმის გახსნის სიჩქარის ცვლილება დროის განმავლობაში შემანელებლის შემცველ ხსნარებში

$$CrO_4^{--} + 4H_2O + 3e \rightarrow$$
$$\rightarrow Cr(OH)_3 + 5OH^- \ (-0{,}76\ V).$$

მიუხედავად ამისა, აუცილებელი არაა, რომ ქრომატის აღდგენამ მანგანუმის ხსნადობის ზრდა გამოიწვიოს, ვინაიდან ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნილი ქრომატის პასიურ ფენას შეუძლია საგრძნობი გავლენა მოახდინოს ელექტროდული პროცესების კინეტიკაზე (კერძოდ წყალბადის განმუხტვასა და მანგანუმის იონიზაციაზე).

2. ამონიუმის ქრომატის გავლენა მანგანუმის სტაციონარულ პოტენციალზე და ელექტროდული პროცესების სიჩქარეზე[1]

როგორც მოსალოდნელი იყო, ამონიუმის ქლორიდში შემანელებლის შეტანა მანგანუმის სტაციონარული პოტენციალის გადანაცვლებას იწვევს დადებითი მნიშვნელობისაკენ. ქრომატის კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად, ელექტროდული პოტენციალის სიდიდე უფრო დადებით მნიშვნელობას იძენს (იხ. ცხრილი 3).

ელექტროლიტში უკვე 0,25 გ/ლ შემანელებლის შეტანა იწვევს ელექტროდის პოტენციალის 49 mV-ით გაკეთილშობილებას.

დამატებული შემანელებლის რაოდენობის შემდგომი გადიდებით პოტენციალი კიდევ უფრო დადებითი ხდება და 10 გ/ლ კონცენტრაციის დროს პოტენციალის გაკეთილშობილება 114 mV-ს აღწევს.

ეს მოვლენა, ექსპერიმენტულად დადგენილ ფაქტთან შეხამებით, რომ ამონიუმის ქლორიდში შემანელებლის შეტანისას მანგანუმის კოროზიის სიჩქარე მცირდება, იმაზე მიუთითებს, რომ უკანასკნელის მოქმედება, როგორც ჩანს, ანოდური პროცესის დამუხრუჭებისაკენაა მიმართული.

[1] პოტენციალების გაზომვის მეთოდიკის შესახებ იხ. წინა ნაშრომი [2].

ცხრილი 3

მანგანუმის პოტენციალის ცვლილება დროის განმავლობაში
$4nNH_4Cl+(NH_4)_2CrO_4$ შემადგენლობის ხსნარებში ($-\bar{E}$ ვოლტებით)

დრო საათებით	დამატებული ამონიუმის ქრომატის რაოდენობა გ/ლ-ით								
	0,0	0,25	0,5	0,7	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0
0	1,127	1,078	1,074	1,070	1,068	1,056	1,055	1,047	1,013
0,5	1,129	1,087	1,079	1,071	1,067	1,056	1,054	1,042	1,011
1	1,130	1,093	1,081	1,072	1,067	1,055	1,054	1,038	1,009
2	1,130	2,095	1,085	1,072	1,063	1,050	1,046	1,032	1,009
3	1,129	1,096	1,087	1,073	1,059	1,043	1,037	1,025	1,000
ცვლილებანი mV-ში	−2	−18	−13	−3	+9	+13	+18	+22	+13

მე-3 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს აგრეთვე, რომ არსებობს ქრომატის განსაზღვრული კონცენტრაცია (0,25-დან 0,7 გ/ლ-მდე), რომელიც, საწყისი პოტენციალის დადებითი მიმართულებით გადანაცვლების მიუხედავად, არ უწყობს ხელს პოტენციალის გაკეთილშობილებას დროის განმავლობაში, არამედ, პირიქით, არაკეთილშობილს ხდის მას. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ მანგანუმის გახსნის სიჩქარის გაზრდა დროის განმავლობაში ჩვენ მიერ სწორედ ამ ხსნარებში იყო აღმოჩენილი (იხ. ცხრილი 1).

ამგვარად, ელექტროდული პოტენციალის ცვლილება ამონიუმის ქლორიდის ხსნარებში, რომლებიც კოროზიის შემანელებლად ამონიუმის ქრომატს შეიცავს, სრული სიცხადით მიუთითებს მანგანუმის იონიზაციის ანოდური პროცესის დამუხრუჭებაზე.

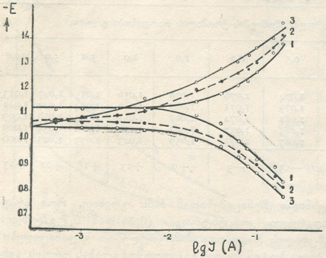
იმის გამო, რომ საწყისი პოტენციალის გაკეთილშობილება დიდ სიდიდემდე ვერ აღწევს, უნდა ვიგულისხმოთ, რომ ამონიუმის ქლორიდში მანგანუმის ხსნადობის მკვეთრი შემცირება გამოწვეული უნდა იყოს არა მარტო ანოდური, არამედ კათოდური პროცესის დამუხრუჭებითაც. ეს ვარაუდი მტკიცდება მანგანუმზე ელექტროდული პროცესების სიჩქარის შესწავლის შედეგად მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემებით.

ნახ. 3-ზე მანგანუმის პოლარიზაციის მრუდები ნახევრად ლოგარითმულ კოორდინატებშია გამოსახული. პოტენციალის მნიშვნელობა გამოხატულია წყალბადის ნორმალურ ელექტროდთან შედარებით.

დროის განმავლობაში პოტენციალის სიდიდის სწრაფი ცვლილების გამო პოტენციალის გაზომვა მანგანუმის კათოდური პოლარიზაციის დროს შემანელებლის შემცველ ხსნარებში მნიშვნელოვან სიძნელეებთან იყო დაკავშირებული (განსაკუთრებით იმ ხსნარებში, რომლებიც 5—10 გ/ლ შემანელებელს შეიცავდა).

რაც შეეხება ანოდურ პოლარიზაციას, ზედაპირის გარეწრედის დენით გააქტივებასთან დაკავშირებით პოტენციალის მნიშვნელობა მუდმივი რჩებოდა და პოლარიზაციული მრუდების მოხსნა ადვილად ხორციელდებოდა.

მანგანუმის ანოდური და კათოდური პოლარიზაციის მრუდების დაპირისპირებით ჩანს, რომ ქრომატი გავლენას ახდენს როგორც ანოდურ, ისე კათოდურ პროცესზე. ამავე დროს წყალბადის გამოყოფის პროცესი შემანელებლის მიმართ უფრო მგრძნობიარე აღმოჩნდა (კათოდური პოლარიზაციის მრუდების დაქანების კუთხე მეტია, ვიდრე ანოდურისა).

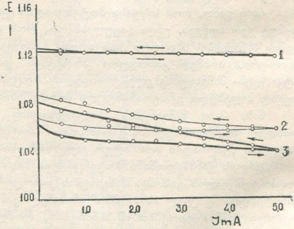


ნახ. 3. შემანელებლის გავლენა მანგანუმის ანოდურ და კათოდურ პოლარიზაციაზე. 1—4$_N$$NH_4Cl$, 2—4$_N$$NH_4Cl$+0.5 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$ და 3—4$_N$$NH_4Cl$+1 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$

მანგანუმზე ქრომატის პასიური ფენის არსებობამ უნდა გამოიწვიოს ანოდური და კათოდური პროცესების არაშექცევადობა და, მართლაც, მანგანუმის პოლარიზაციის მრუდების პირდაპირი და უკუსვლის განლაგებიდან ჩანს, რომ ქრომატის თანდასწრებისას წყალბადის გამოყოფისა და მანგანუმის იონიზაციის პროცესები არაშექცევადად მიმდინარეობს (იხ. ნახ. 4 და 5).

ადვილია იმის შემჩნევა, რომ მანგანუმის როგორც ანოდური, ისე კათოდური პოლარიზაციის დროს მრუდების პირდაპირ და უკუსვლებს შორის აცდენა (ჰისტერიზისი) შემანელებლის კონცენტრაციის გადიდებასთან ერთად იზრდება. წმინდა ამონიუმის ქლორიდში ეს მოვლენა პრაქტიკულად არ აღინიშნება.

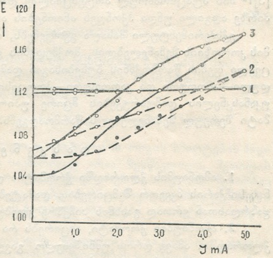
მანგანუმის პოლარიზაციული მრუდების განლაგებიდან შეიძლება კიდევ ერთ დამახასიათებელ მოვლენაზე მივუთითოთ: განმეორებითი კათოდური პოლარიზაცია



ნახ. 4. მანგანუმის ანოდური პოლარიზაციული მრუდების პირდაპირი და უკუსვლები; 1—4$_N$$NH_4Cl$, 2—4$_N$$NH_4Cl$ + 0,7 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$ და 3 — 4$_N$$NH_4Cl$ + 1 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$

დენის დიდი სიმკვრივიდან მცირემდე მანგანუმის ზედაპირს პასიურს ხდის; განმეორებითი ანოდური პოლარიზაცია, პირიქით, ზედაპირს აქტიურებს. უკანასკნელი საშუალებას იძლევა ვამტკიცოთ, რომ მანგანუმის ანოდური გახსნისას ქრომატის პასიური შრე ვერ ასწრებს წარმოქმნას. ამ შემთხვევაში მანგანუმი უარყოფითი სხვაობის ეფექტით (დიფერენც-ეფექტით) უნდა ხასიათდებოდეს.

ჩვენ ჩავატარეთ ცდები მანგანუმზე სხვაობის ეფექტის დასადგენად როგორც სუფთა ამონიუმის ქლორიდში, ისე შემანელებლის შემცველ ხსნარში. გამოირკვა, რომ ამონიუმის ქლორიდში ეს ეფექტი სუსტად არის გამომჟღავნებული, ვინაიდან მანგანუმის თვითგახსნის სიჩქარის გაზრდა ამ შემთხვევაში მხოლოდ ლითონის ზედაპირიდან ჟანგეულის ფენის მოხსნასთანაა დაკავშირებული.



ნახ. 15. მანგანუმის კათოდური პოლარიზაციული მრუდების პირდაპირი და უკუსვლები; 1—4N NH_4Cl, 2—4N NH_4Cl+0.7 გ/ლ $(NH_4)_2C_2O_4$ და 3—4N NH_4Cl +1 გ/ლ $(NH_4)_2C_2O_4$

რაც შეეხება შემანელებლის შემცველ ხსნარს, აქ ადგილი აქვს აშკარად გამოსახულ უარყოფითი სხვაობის ეფექტს. მანგანუმის თვითგახსნის სიჩქარის გაზრდა (ანოდური პოლარიზაციის დროს) ამ ხსნარში დაკავშირებულია როგორც ლითონის ჟანგის ფენის, ისე ქრომატის დამცველი ფენის დარღვევასთან. გარეწრედში დენის არარსებობისას მანგანუმი 4N NH_4Cl+07 გ/ლ $(NH_4)_2CrO_4$—შედგენილობის ხსნარიდან ხუთი საათის განმავლობაში 3 სმ³/სმ² წყალბადს აძევებს. 10 mA ძალის დენით პოლარიზაციისას დროის იმავე მონაკვეთში მანგანუმის თვითგახსნის ხარჯზე გამოყოფილი წყალბადის მოცულობა 12,9 სმ³/სმ²-ს აღწევს, ე. ი. მანგანუმის თვითგახსნის სიჩქარე ოთხჯერ დიდდება.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ შემანელებლის შემცველ ამონიუმის ქლორიდში ჩაძირულ მანგანუმზე შესაძლებელია როგორც ადსორბციული (პირველადი), ისე ფაზური (მეორეული) ფენის არსებობა.

ცნობილია, რომ ფაზური ფენები ლითონზე დროის განმავლობაში იქმნება და მათი როლი განისაზღვრება ზედაპირის ნაწილის მექანიკური იზოლაციით ხსნარის ზეგავლენისგან. თუ გავითვალისწინებთ დანამატების შედარებით დაბალ კონცენტრაციას, აგრეთვე ლითონებზე ქრომატის აღდგენის პროცესის მაღალ გადაძაბვას, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ამონიუმის ქლორიდში მანგანუმის კოროზიისაგან დაცვას ძირითადად პირველადი ადსორბციული ფენის არსებობის გამო ვაღწევთ.

ამ შემთხვევაში არსებითი მნიშვნელობა ექნებოდა ექსპერიმენტულად ჯერ კიდევ აღმოუჩენელი მანგანუმის ელექტროდის ნულოვანი მუხტის პოტენციალის სიდიდის ცოდნას. თუ მანგანუმის ნულოვანი მუხტის პოტენციალი [3] ([1] მის სტაციონარულ პოტენციალზე დადებითია, მაშინ მანგანუმის ზედაპირზე ადგილი უნდა ჰქონდეს ანიონების ადსორბციის შეზღუდვას [4].

ექსპერიმენტული მასალა გვიჩვენებს, რომ, ქრომატის როგორც მანგანუმის კოროზიის შემანელებლის, მოქმედების ელექტროქიმიური მექანიზმი (დამცველი ფენის წარმოქმნის ბუნებისაგან დამოუკიდებლად) ორივე ელექტროდული—ანოდური და კათოდური—პროცესის დამუხრუჭებაში მდგომარეობს. უკანასკნელის დამუხრუჭების მცირე უპირატესობით, ე. ი. ამონიუმის ქრომატი შერეულ შემანელებელს წარმოადგენს.

დ ა ს კ ვ ნ ე ბ ი

1. ამონიუმის ქლორიდში ქრომატის დამატება იწვევს მანგანუმის გახსნის სიჩქარის მკვეთრ შემცირებას. დამატებული შემანელებლის რაოდენობის გაზრდასთან ერთად გახსნის სიჩქარე კლებულობს;

2. ამონიუმის ქრომატი, ამცირებს რა მანგანუმის ხსნადობას ამონიუმის ქლორიდში, ამავე დროს უმნიშვნელო გავლენას ახდენს ელექტროდულ პოტენციალსა და მის ცვლილებაზე დროის განმავლობაში;

3. შემანელებლის შემცველ ხსნარებში მანგანუმის პოლარიზაციის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ქრომატის, როგორც მანგანუმის კოროზიის შემანელებლის, მოქმედება მიმართულია ორივე ელექტროდული—ანოდური და კათოდური—პროცესის დამუხრუჭებისაკენ უკანასკნელის დამუხრუჭების მცირე უპირატესობით, ე. ი. ქრომატი შერეული შემანელებლის როლს ასრულებს;

4. მანგანუმზე დამცველი ფენის წარმოქმნის გამო ელექტროდული პროცესები არაშექცევადია. 4ნ $NH_4Cl+(NH_4)_2CrO_4$—შედგენილობის ხსნარში მანგანუმი უარყოფითი სხვაობის ეფექტით ხასიათდება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 26.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Л. Розенфельд. Замедлители коррозии в нейтральных средах. Изд. АН СССР, М., 1953, стр. 28.
2. Р. И. Агладзе и Л. Н. Джапаридзе. Потенциалы и коррозия металлического марганца в хлористом аммонии. Сообщ. АН ГССР, т. XV, № 3, 1954.
3. Р. М. Васенин. О возможности вычисления потенциалов нулевого заряда. ЖФХ, XXVII, 1953, стр. 882.
4. Л. И. Антропов. О роли потенциала нулевого заряда в некоторых электрохимических процессах. ЖФХ, XXV, 1951, стр. 1494.

([1] მანგანუმის ნულოვანი მუხტის პოტენციალის მნიშვნელობა წყალბადის ნორმალურ ელექტროდთან შედარებით—1,01V-ს უდრის; იგი მიღებულია გაანგარიშებით, რომელიც ჭეშმარიტისაგან შეიძლება ±0,1V-ით განსხვავდებოდეს.

ქიმია

ი. ზალკინდი და ქ. დოლიაშვილი

დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის სინთეზი, გამოკვლევა და სივრცითი ფაქტორის გავლენის შესწავლა შემჭიდროების რეაქციაზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციციშვილმა 29.12.1953)

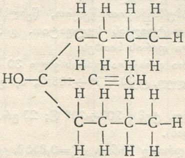
რადიკალის აგებულების გავლენა γ-აცეტილენის რიგის სპირტების ჰიდრირების სიჩქარეზე ჯერჯერობით საკმარისად არაა შესწავლილი. მეთილის ჯგუფის შეცვლა ფენოლის ჯგუფით იწვევს ჰიდრირების სიჩქარის შესამჩნევ შენელებას, თუმცა ამ შემთხვევაში აუცილებლად უნდა მივიღოთ მხედველობაში ის გარემოება, რომ ცხიმოვანი რიგის რადიკალი იცვლება არომატული რიგის რადიკალით.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ბუთილის რადიკალების გავლენა მესამეული-აცეტილენის რიგის სპირტების ჰიდრირების სიჩქარეზე.

აცეტილენის გლიკოლებისაგან განსხვავებით, რომელთა ჰიდრირების სიჩქარე ორი ატომი წყალბადის მიერთების შემდეგ მკვეთრად ეცემა, აცეტილენის სპირტებში ჰიდრირება ბოლომდე ერთნაირი სიჩქარით მიმდინარეობს [1].

ჩვენ მიერ სინთეზირებული და შესწავლილი სპირტი—დიბუთილაცეტილენილკარბინოლი ლიტერატურაში აღწერილი არ არის. მიღებული პროდუქტი ყვითელი ფერის სითხეა, დუღ. ტემპ.—203÷205° (გამოსავალი 59% თეორიულიდან).

ჰიდრირებას ვაწარმოებდით კოლოიდური პალადიუმით. როგორც ცდებიდან ჩანს, დიბუთილაცეტილენილკარბინოლი სამმაგი კავშირიდან ეთილენურში გადასვლის დროს რეაქციის სიჩქარეში მკვეთრი შენელების გარეშე ჰიდრირდება. ჩვენ შევისწავლეთ კატალიზატორის რაოდენობის გავლენა ჰიდრირების სიჩქარეზე და დავადგინეთ, რომ კატალიზატორის რაოდენობის ზრდასთან ერთად რეაქციის სიჩქარე იზრდება.



როგორც ზემოთ თქმულიდან ჩანს, მიუხედავად ბუთილის რადიკალებით სამმაგი კავშირის ეკრანირებისა (იხილე სპირტის შემჭიდროება), წყალბადი -

სათვის, რომელსაც ძალიან მცირე მოცულობა უკავია, სამმაგ კავშირამდე შეღწევის საშუალება არ ისპობა და ამის გამო ჰიდრირება საკმაოდ სწრაფად მიდის.

სპირტის შემჭიდროების ცდები დიაცეტილენის რიგის გლიკოლად

ერთჩანაცვლებული აცეტილენი, ნახევარქლორიანი სპილენძის თანადასწრებით სუსტ-მჟავა არეში, რაოდენობრივი გამოსავლით მჭიდროვდება დიაცეტილენის რიგის გლიკოლის წარმოქმნით [2].

ჩვენ ვაწარმოვეთ ცდები დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის შემჭიდროებისა ნახევარქლორიანი სპილენძისა და ამონიუმის ქლორიდის მონაწილეობით.

მიუხედავად იმისა, რომ ცდების პირობები სხვადასხვა იყო, არც ერთ შემთხვევაში არ მოხდა სპირტის შემჭიდროება დიაცეტილენის გლიკოლად.

ჩვენს წინათ გამოქვეყნებულ შრომაში [4] ნაჩვენები იყო, რომ ბუთილის ოთხი რადიკალი ხელს უშლის ერთიმეორეს სამმაგი კავშირის მთლიანად ეკრანირებაში, აცეტილენური სპირტის შემთხვევაში კი ბუთილის ორი რადიკალი თავისუფლად განლაგდება სამმაგი კავშირის ირგვლივ, რაც აბრკოლებს შემჭიდროების რეაქციას.

ექსპერიმენტული ნაწილი

დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის სინთეზი

სამყელიან კოლბაში ვათავსებდით 42 გრ. კალიუმის ტუტის მშრალ ფხვნილს და ვუმატებდით 80 მლ აბსოლუტურ ეთერს. მუდმივი მორევისა და გაციებისას (—10°C) ვატარებდით მშრალ აცეტილენის ჭავლს. საწვეთი ძაბრით 6 საათის განმავლობაში ვუმატებდით 35,5 გრ. დიბუთილკეტონისა და 80 მლ აბსოლუტური ეთერის ნარევს, რის შემდეგაც აცეტილენს ვატარებდით კიდევ ორი საათის განმავლობაში.

სარეაქციო მასას ვამუშავებდით წყლით, წყალხსნარს ვწვლილავდით ეთერით და ვაშრობდით ნატრიუმის სულფატით. გამხსნელის მოცილების შემდეგ ვიღებდით ყვითელი ფერის სითხეს.

გამოხდამ მოგვცა ორი ფრაქცია (გამოსავალი 30 გრ.):

პირველი ფრაქცია—დუღ. ტემპ. 175÷185°C; 6,5 გრ. რაოდენობით (დიბუთილკეტონი).

მეორე ფრაქცია— დუღ. ტემპ. 200÷205°C; 23 გრ. რაოდენობით (გამოსავალი 58% თეორიულიდან).

მეორე ფრაქცია, ხვედრითი წონით $d_{20}^{20}=0{,}8552$, ვერცხლის ჟანგის ამიაკურ ხსნართან იძლეოდა დამახასიათებელ თეთრ ნალექს. ა. ბუხოვეცის [3] ცდით დამტკიცდა მასში სამმაგი კავშირის არსებობა.

0,1440 გრ. ნივთიერება; 0,4110 გრ. CO_2; 0,1607 გრ. H_2O;
ნაპოვნია %: C—78,82; H—11,97;
$C_{11}H_{20}O$—გამოთვლილია %: C—78,43; H—11,92;
0,1030 გრ. ნივთიერება; 20,31 გრ. ბენზოლი; $\Delta t=0,153°C$;
ნაპოვნია $M=169,06$;
$C_{11}H_{20}O$—გამოთვლილია $M=168$;
0,050 ნივთიერება;
ნაპოვნია 15 მლ CH_4 ($T=250°C$; $B=729$ მმ);
გამოთვლილია 15,08 მლ CH_4;
$n_D^{20}=1,4458$; $d_{20}^{20}=0,8552$;
ნაპოვნია $MR=52,67$;
$C_{11}H_{20}O$—გამოთვლილია $MR=52,52$.

დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის ჰიდრირება

კატალიზატორად ვხმარობდით ხორბლის სახამებელზე მომზადებულ კოლოიდურ პალადიუმს.

ყოველი ცდისათვის ვიღებდით 0,005 გმ აცეტილენის რიგის სპირტს, დუღილის ტემპერატურით 203÷205°C; 50 მლ 99%-ან ეთილის სპირტს და სხვადასხვა რაოდენობის კატალიზატორს.

ცდის შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ კატალიზატორის რაოდენობის ზრდასთან ერთად რეაქციის სიჩქარე იზრდება.

ცხრილი 1

შეერთებული წყალბადის მოცულობა პროცენტობით კატალიზატორის რაოდენობისა და დროის მიხედვით

კატალიზატორის რაოდენობა მილიგრამებით	H_2-ის შეერთების დრო წუთობით												
	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	100	120	135
0,5	9,9	17,9	43,9	28,6	36,2	43,3	51,3	58,9	66,1	73,7	89,2	98,0	100
1	19,5	37,1	50,7	60,5	74,2	82,4	90,2	95,3	98,4	100			
2	42,1	65,1	84,2	91,9	97,7	100							
4	55,3	92,2	100										
6	73,3	100											
10	96,9	100											

ეთილენის რიგის სპირტის მიღების მიზნით ჰიდრირებას ვწყვეტდით 2 ატომი წყალბადის მიერთების შემდეგ. კატალიზატორისა და გამხსნელის მოცილების შემდეგ ვიღებდით თხევად ნივთიერებას დუღ. ტ. 206÷212°C.

გამოკვლევამ გვაჩვენა, რომ მიიღება აცეტილენური და ნაჯერი რიგის სპირტების ნარევი. ეს ფაქტი ამტკიცებს, რომ დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის ჰიდრირების დროს ორი ატომი წყალბადის მიერთების შემდეგ ადგილი არა აქვს რეაქციის მკვეთრ შენელებას და რომ აცეტილენის რიგის სპირტი წყალბადს იმავე სიჩქარით იერთებს, როგორც ეთილენის რიგისა.

შეძლებისდაგვარად გასუფთავებული ეთილენის რიგის სპირტი შევისწავლეთ:

0,1190 გრ. ნივთიერება; 0,3412 გრ. CO_2; 0,1359 გრ. H_2O;
ნაპოვნია %: C—76,47; H—12,68;
$C_{11}H_{22}O$—გამოთვლილია %: C—77,64; H—12,94;
0,1075 გრ. ნივთიერება; 20,10 გრ. ბენზოლი; $\Delta t=0,1590°C$;
ნაპოვნია $M=171,9$;
$C_{11}H_{22}O$—გამოთვლილია $M=170$;
0,0550 გრ. ნივთიერება;
ნაპოვნია 16,2 მლ CH_4 ($T=13°C$; $B=730$ მმ);
$C_{11}H_{22}O$—გამოთვლილია 15,2 მლ CH_4.
$d_{20}^{20}=0,8420$.

დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის დიაცეტილენის გლიკოლად შემჭიდროების ცდები

რეაქციისათვის აღებულ იქნა 6 გრ. ნახევარქლორიანი სპილენძის და 10 გრ. ქლორიანი ამონიუმის წყალხსნარი (80 მლ წყალი). ნარევი შემჟავებული იყო 0,3 მლ კონცენტრირებული მარილის მჟავათი.

ჰაერის მუდმივი გატარებისა და მორევის დროს სამი საათის განმავლობაში წვეთობით ვუმატებდით დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის ეთერხსნარს (2 გრ. კარბინოლი 50 მლ ეთერში). 24 საათის დაყოვნების შემდეგ გამოვწვლილეთ ეთერით. ეთერხსნარი გავაშრეთ და მოვაცილეთ გამხსნელი გამოხდით. მივიღეთ პროდუქტი დუღ. ტ. 202÷205°C, რომელიც ვერცხლის ჟანგის ამიაკურ ხსნართან იძლეოდა თეთრ ნალექს და აცეტილენის რიგის სპირტისათვის დამახასიათებელ კონსტანტებს.

მიღებული შედეგების შემოწმების მიზნით ჩატარებულ იქნა შემდეგი ცდები:

ცდა 1. 8 გრ. ნახევარქლორიანი სპილენძისა და 15 გრ. ამონიუმის ქლორიდის წყალხსნარს (80 მლ წყალი) ვუმატებდით დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის ბენზოლხსნარს. მუდმივი მორევის დროს 5 საათის განმავლობაში ვატარებდით ჟანგბადის ჭავლს და მეორე დღეს ვწვლილავდით. გამხსნელის მოცილების შემდეგ უკან ვიღებდით გამოსავალ სპირტს.

ცდა 2. 10 გრ. ნახევარქლორიანი სპილენძის, 20 გრ. ამონიუმის ქლორიდისა და 100 გრ. წყლის ნარევს ვუმატებდით 2 გრ. დიბუთილაცეტილენილკარბინოლის ბენზოლხსნარს (50 მლ ბენზოლი). ჟანგბადის გატარების

პროცესში ნარევს ვაცხელებდით 50°C-მდე და 48 საათს ვაყოვნებდით. შედეგები იგივეა, რაც № 1 ცდის დროს.

ცდა 3. ცდის პირობები ანალოგიურია № 2 ცდისა. სარეაქციო მასას ვადუღებდით 10 საათის განმავლობაში. ვაყოვნებდით 5 დღეს. ჩვეულებრივი დამუშავების შემდეგ უკან ვიღებდით დიბუთილაცეტილენილკარბინოლს.

ცდა 4. პირობები იგივეა, რაც წინა ცდაში. ნარევს ვადუღებდით 20 საათის განმავლობაში და ვაყოვნებდით 8 დღეს. ამ შემთხვევაშიც შემჭიდროების რეაქცია არ წავიდა და მივიღეთ გამოსავალი პროდუქტი. თითოეული ცდა ჩატარებულია რამდენიმეჯერ.

დასკვნები

1. სინთეზირებული და შესწავლილია მესამეულ-აცეტილენური სპირტი — დიბუთილაცეტილენილკარბინოლი;

2. დიბუთილაცეტილენილკარბინოლი კოლოიდური პალადიუმის თანდასწრებით ჰიდრირდება ნაჯერი რიგის შენაერთამდე რეაქციის სიჩქარის მკვეთრი შენელების გარეშე;

3. დიბუთილაცეტილენილკარბინოლი ნახევარქლორიანი სპილენძის თანდასწრებით არ მჭიდროვდება დიაცეტილენის რიგის გლიკოლად, რაც სამმაგი კავშირის ეკრანირებით აიხსნება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 29.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ю. С. Залькинд. О гидрировании спирта ацетиленового ряда. ЖРФХО, т. 47, 1915, стр. 2045.
2. Ю. С. Залькинд и М. А. Айзыкович. Новый способ получения гликолей диацетиленового ряда. ЖОХ, 227, 1937.
3. С. В. Буховец. О качественной реакции на ацетиленовые гликоли. ЖОХ, т. 11, 1941, стр. 1046.
4. Ю. С. Залькинд и К. А. Долиашвили. Синтез, исследование и каталитическое гидрирование тетрабутилбутиндиола. Сообщения АН Грузинской ССР, т. XV, № 3, 1954.

გეოგრაფია

ნ. ასტახოვი და ლ. მარუაშვილი

თიანეთის ქვაბული მდ. ივრის ხეობაში როგორც მაგალითი მდინარეთა ხეობების ტექტონიკური შეგუებებით გაპირობებული მორფოგენეზისა

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 20.10.1953)

თიანეთის მთიანი ქვაბული, რომელშიც მდებარეობს იმავე სახელის მქონე რაიონული ცენტრი, იმყოფება მდ. ივრის დინების ზემო ნახევრის აუზში, თბილისიდან 40—45 კმ მანძილზე ჩრდ. ჩრდ.-აღმოსავლეთის მიმართულებით.

1800 — 2100 მეტრამდე სიმაღლის მთებით შემოზღუდული ქვაბული მკვეთრ კონტრასტს ქმნის მათთან თავისი მოვაკებული ფსკერით. ბრტყელი ვაკე, რომელიც ზღვის დონიდან 1050—1150 მ სიმაღლეზეა, მოულოდნელ სურათს წარმოუდგენს ივრის ზემო წელის მთიანეთში მოხვედრილ ადამიანს და მკვლევრის გონებაში აღძრავს ფიქრს მისი წარმოშობის შესახებ.

თიანეთის ქვაბულში იორს მარჯვნიდან უერთდება საკმაოდ მნიშვნელოვანი შემდინარე ქუსნო. ქვაბულის ბრტყელი ფსკერი გავრცელებულია ორივე მდინარის გასწვრივ ორ ტოტად, რომლებიც ერთმანეთს უერთდებიან სამხრეთით, რაიონულ ცენტრთან. ვაკის სიგრძე როგორც ივრის, ისე ქუსნოს გასწვრივაც 12 კმ აღწევს, ხოლო შეერთებული ნაწილის სიგანე 4 — 5 კილომეტრს უდრის (სოფ. თიანეთთან). ივრის გასწვრივ გაჭიმულ ვაკეს აღმოსავლეთისაკენ აქვს შტო ივრის მარცხენა შემდინარის მდ. საგამის გასწვრივ, სადაც მდებარეობს სოფ. ჩაბანო. ქვაბულის ფსკერი თითქმის მთლიანად დაფარულია ხორბლისა და სიმინდის ნათესებით; მასზევე მდებარეობენ სოფლები თიანეთი, ჟებოტა, ტუშურები, ზარიძეები, ღელოვანი და სხვა. ქვაბულის სამხრეთი ნაწილი ივრის ხეობის ვიწრო ნაწილით—ღელოვნის ხეობით ბოლოვდება.

თიანეთის ვაკის ირგვლივ ამართული მაღლობები, რომლებიც ქართლისა და კახეთის ქედების ნაწილებს წარმოადგენენ [2], აგებულია ცარცული ასაკის ნალექთა წყებებით. ნ. ვ ა ს ო ე ვ ი ჩ ი გამოყოფს ამ რაიონისათვის შემდეგ წყებებს (ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ):

ა) ზედაცარცულს (ქვედა სენონი—ზედა ტურონი), რომლის შედგენილობაშიც შედის ღია ფერის კარბონატული ნალექები—მკვრივი, სუსტად გაკაჟებული კირქვები ლითოგრაფიული ტიპისა, ფერით ჩალისფერიდან და ვარდისფერიდან მოცისფრო-მომწვანომდე, ნიჟარისებური მონატეხით; ანალოგიური შეფერადების მერგელები; მარცვლოვანი, ზოგჯერ ქვიშოვანი კირქვები; მომწვანო მსუქანი კიროვანი თიხის ფრიად თხელი შიდაშრეები;

ბ) ზედა სენომანს (?), რომელიც განვითარებულია ქვაბულის ცენტრალურ ნაწილში და შედგება კაჟოვანი და გარქაქვებული კირქვებისაგან, მათში ჩართული ვულკანური ფერფლის მცირერიცხოვანი თხელი შიდაშრეებითურთ;

გ) ქვედაცარცულს, რომელიც ამ რაიონში წარმოდგენილია თიხაფიქლებისა და ქვიშაქვების მორიგეობით, მერგელოვანი კირქვების დაქვემდებარებული შიდაშრეებითურთ. ცარცულ ნალექთა მთელი ეს კომპლექსი დანაოჭებულია, ნაოჭები გაწოლილია ზოგადად ჩრდ.-დასავლეთიდან სამხ. -აღმოსავლეთისაკენ, ისე რომ იორი მათ თითქმის გარდიგარდმო კვეთს.

ვ. კრესტნიკოვის აზრით, განსახილველი რაიონი ფლიშური სინკლინორიუმის ტექტონიკურ ქვეზონას მიეკუთვნება და ხასიათდება ფრიად შეკუმშული, სამხრეთისაკენ გადმოყირავებული ნაოჭებით, რომლებიც გართულებულია მრავალრიცხოვანი გასწვრივი რღვევებით.

1946 წლის სახელმწიფო გეოლოგიური აგეგმვის მონაცემებით, ცარცული ნალექები ქმნიან იზოკლინური ნაოჭების სერიას, გართულებულს გასწვრივი ნარღვევებით და შეცოცებებით. ანტიკლინური ნაოჭების გულში გაშიშვლებულია ქვედაცარცული ნალექები, რომლებიც წარმოდგენილია კარბონატული ქვიშაქვებით, არგილიტებითა და მერგელებით, ხოლო ფრთებზე—ზედაცარცული წარმონაქმნები სენომანიდან ზედა ტურონამდე, ლითოლოგიურად წარმოდგენილი მერგელოვანი ქვიშაქვებითა და გაკაჟებული კირქვებით, ფიქლებისა და რქაქვების შიდაშრეებითურთ.

ქვაბულის ბრტყელი ფსკერი აგებულია უახლესი ასაკის ფხვიერი მასალით, ქვიშით, შეცემენტებული რიყნარითა და მსუბუქი თიხნარებით, რომლებიც წარმოადგენენ ივრისა და მის შემდინარეთა ალუვიონს. თიანეთის ქვაბულში დაგროვებული ფხვიერი მასალის სისქე გაურკვეველია სათანადო ჭაბურღილების უქონლობის გამო.

თიანეთის ქვაბულის გეოლოგიური აღნაგობა [1,3,4] არ იძლევა საფუძველს იმისათვის, რომ ქვაბულის გაჩენა მიეწეროს დენუდაციისა და ეროზიის სელექციურ (არჩევითს) ზემოქმედებას ლითოლოგიურად ნაირგვარ წყებებზე. მეორე მხრივ, რელიეფის ეს დადაბლება არ შეესაბამება არც ცარცული და მესამეული დანაოჭების ზოგად მიმართულებებს. საფიქრებელია, რომ ქვაბული შეიქმნა ფლიშური სინკლინორიუმის საღერძე ზონის ადგილობრივი გაღუნვის ჩაზნექის შედეგად, გვიანი მეოთხეულის დიფერენციალურ ტექტონიკურ მოძრაობებთან დაკავშირებით.

თიანეთის ქვაბულის წარმოშობისა და განვითარების ისტორიის გასაგებად დიდი მნიშვნელობა აქვს მის სამხრეთით მდებარე ლელოვნის ხეობის გეომორფოლოგიურ აღნაგობას. აქ მდ. იორი კვეთს. ხეობის გარდიგარდმო გაწოლილ მთიან მაღლობებს და აჩენს ტიპიურ გამკვეთ ხეობას. დაახლოებით 4 კმ მანძილზე სოფ. ლელოვანსა და სოფ. ჯიხოს შორის მდინარე ჰკვეთს კავკასიონის ღერძისადმი პარალელური მიმართულების ორ სერს—შედარებით დაბალ ჩრდილო სერს და უფრო მაღალ სამხრეთ სერს (მ. ბერტყე=1458 მ). აღნიშნული სერების გადაკვეთისას მდინარე აჩენს ვიწრობებს—ჩრდილო

ვიწრობს, ანუ ლელოვნისას და სამხრეთისას, ანუ მაჟალოიანისას. ვიწრობებს შორის იორი იკლაკნება ხეობის შედარებით ფართო და ბრტყელ ფსკერზე.

ივრის გამკვეთი ხეობის გენეზისის გასარკვევად ჩვენ მიერ დეტალურად გამოკვლეულ იქნა ლელოვნის ვიწრობის მარჯვენა მხარე. გამოკვლევით დადასტურდა, რომ გამკვეთი ხეობა ანტეცედენტურად შეიქმნა, ე. ი. სერების ეროზიული გახერხვით მათი ამოწევის თანადროულად. ამას ამტკიცებს ზემოხსენებული ვიწრობის ფერდობზე ალუვიონით დაფარული, მაღლა აწეული ტერასების არსებობა.

ლელოვნის ვიწრობის მარჯვენა ფერდობზე გატარებული გარდიგარდმო პროფილი გვიჩვენებს აქ ოთხი ტერასული საფეხურის არსებობას:

1. ყველაზე დაბალი ტერასა, რომლის სიმაღლე მდ. ივრიდან 15 მეტრია, გამოსახულია მცირე მოედნით თიანეთ-თბილისის გზატკეცილის ქვემოთ იმ ადგილას, სადაც აღნიშნული გზა ტოვებს თიანეთის ქვაბულის ფსკერს და იწყებს ასვლას ლელოვნის ვიწრობით გაკვეთილ სერზე;

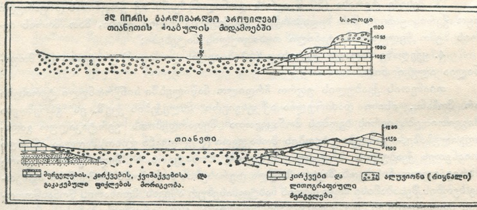
2. მეორე ტერასის შეფარდებითი სიმაღლე 30 მ უდრის. ეს ტერასა საკმაოდ ვრცელია და 1953 წ. ივლისში იგი დაფარული იყო სიმინდის ნათესებით. ამ ტერასის ზედაპირზე გაფანტულია ალუვიური მასალა—რიყნარი, რომელიც თავისი პეტროგრაფიული შედგენილობით ამჟღავნებს კავშირს ივრის ზემო წელის აუზთან;

3. მესამე ტერასა (50 მ ივრის დონიდან) ჩვენს იქ ყოფნისას დაფარული იყო ქერის ყანით. მის ზედაპირზეც გაბნეულია რიყის ქვები, მათ შორის ივრის ზემო წელიდან მოტანილი თიხაფიქლის ნატეხები;

4. ყველაზე მაღალი ტერასაც (60 მ ივრის დონიდან) ვრცელია და მოფენილია ალუვიონით.

თიანეთის ქვაბულის უფრო ჩრდილო ნაწილებში სინქრონული ტერასები არ მოჩანს. ისინი დამირულია აქ ფხვიერი ნალექების ქვეშ. ეს გარემოება მიგვითითებს ივრის ხეობის მონაკვეთთა შეფარდებითს ვერტიკალურ გადაადგილებაზე,—გამკვეთი ხეობის მონაკვეთი (ლელოვანი-ჟიხო) მაღლაა აწეული თიანეთის ქვაბულის ბრტყელი ფსკერის მონაკვეთთან შედარებით. მეორე მხრივ, ლელოვნის ხეობაში ეროზიული ტერასების არსებობა გვიჩვენებს აგრეთვე ხეობის შესაბამისი მონაკვეთის ნახტომისებურ აწევას მდინარის წონასწორობის პროფილიდან, რომელიც დამოკიდებული იყო ეროზიის ბაზისის მდებარეობაზე. ამრიგად, ივრის მიერ გაკვეთილი სერები წარმოადგენენ ახლობელ წარსულში ამოწეულ ოროგრაფიულ-ტექტონიკურ ერთეულებს, გაჩენილს ივრის ხეობის ეროზიული გამომუშავების პერიოდში, ხოლო სოფ. ლელოვანსა და სოფ. ჟიხოს შორის არსებული გამკვეთი ხეობა ანტეცედენტური ხეობების ტიპს მიეკუთვნება. რამდენადაც ძირითადი (ცარცული) ქანები თიანეთის ქვაბულის ფარგლებში არსად არის გაშიშვლებული, არამედ დამარხულია ფხვიერი ნალექების ქვეშ და ივრის ხეობის ძველი ფსკერი ბევრად დაბლა იმყოფება ივრის თანადროულ ტალვეგთან შედარებით, იმდენად ეს ქვაბული ხეობის დამირულ მონაკვეთად უნდა ჩაითვალოს.

ზემონათქვამიდან გამომდინარე, თიანეთის ქვაბულის განვითარების ისტორია შეგვიძლია შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ. ივრის ხეობამ მისი ეროზიული გამომუშავების პროცესში (მდინარის თანადროული გეოგრაფიული მდებარეობის დამყარების შემდეგ) განიცადა დიფერენციალური ტექტონიკური გადაადგილებანი,—ზოგან დაწევა, ზოგან კი აწევა. თიანეთის ქვაბულის მონაკვეთზე ხდებოდა დაძირვა, ხოლო მის ქვემოთ—ლელოვან-ჯიხის მონაკვეთზე—ამოწევა; მოძრაობის საერთო ამპლიტუდა რამდენიმე ასეულ მეტრს უდრის (ალბათ, 400—500 მ). ტექტონიკური მოძრაობებისა და მდინარეთა ეროზიულ-აკუმულაციური მოქმედების შერწყმის შედეგად ადგილი ჰქონდა ივრის შეგუბებას ამოწეული სერით და იმავე დროს საგუბრის ზემოთ ალუვიონის დაგროვებას და ხსენებულ სერში ანტეცედენტური ვიწრობის გაჭრას. ეს უკანასკნელი პროცესი, როგორც გვიჩვენებს ვიწრობის ფერდობთა ტერასირებული პროფილი, თანაბრად კი არ მიმდინარეობდა, არამედ ნახტომისებურად; ლელოვნისა და მაჟალოიანის ვიწრობთა მონაკვეთებზე არსებული ტერასების აწევასთან ერთად ხდებოდა მათი გაგრძელებების დაძირვა თიანეთის ქვაბულის მონაკვეთზე. ამ უკანასკნელ მონაკვეთზე, დაძირვის შედეგად, მდინარეების ივრის, ქუსნოსა და საგამის ხეობათა ძველი ფსკერი ჩაიმარხა უახლესი ნაფენების ქვეშ, რომელთა სისქეც თანდათანობით მატულობდა.



ნახ. 1

იმ დასკვნების სინათლეზე, რომლებიც ჩვენ მიერ მიღებულ იქნა თიანეთის ქვაბულის ისტორიის საკითხთან დაკავშირებით, არასწორად გვეჩვენება ზოგიერთი უფრო ადრე გამოთქმული პალეოგეოგრაფიული მოსაზრება ივრის აუზის შესახებ და კერძოდ მოსაზრება ივრის მიერ ალაზნის ზემო წელის მოტაცებაზე, რომელიც გამოთქმულ იქნა ვ. პ ა ხ ო მ ო ვ ი ს მიერ 1937 წელს [5] და მეორდება სხვა მკვლევართა ნაშრომებშიც (იხ., მაგ., ვ. ხ ა ი ნ ი და ა. შ ა რ დ ა ნ ო ვ ი [6], 1952, გვ. 319). აღნიშნულ შეხედულებას, ჩვენი აზრით, ფაქტობრივი საფუძველი არ გააჩნია.

ვ. პახომოვი [5] აღნიშნავს სოფ. თიანეთს ზემოთ 4—5 კმ მანძილზე მდინარულ ტერასებს 30 და 60—80 მ სიმაღლისას, რომლებთანაც ცდილობს დააკავშიროს მის ნიერ ნავარაუდევი მდინარული მოტაცების მოვლენა. ჩვენი დაკვირვებით, რეგიონული გავრცელების ტერასები ზემოაღნიშნული სიმაღლითი მაჩვენებლებით თიანეთის რაიონში არ არსებობს. თვით მოტაცების მოვლენას ვ. პახომოვი მხოლოდ და მხოლოდ გეომორფოლოგიური მოსაზრებებით ასაბუთებს და არსად არ იშველიებს სათანადო ნალექებს. ჩვენი დაკვირვებით, ვ. პახომოვის სავარაუდო პალეო-ალაზნის (უფრო უკეთ პალეო-ილტოს) მიმართულების გასწვრივ არ არსებობს მდინარული ნალექების არავითარი კვალი და ეს გარემოება გვიკარნახებს საეჭვოდ მივიჩნიოთ მოტაცების მოვლენა. ვ. პახომოვი უარყოფს მდინარული ტერასების არსებობას ივრის ხეობაში თიანეთს ქვემოთ, ხოლო სინამდვილეში კი სწორედ აქ, როგორც ზემოთ აღვწერეთ, წარმოდგენილია ივრის ეროზიული საფეხურები.

ვ. პახომოვის მიერ შექმნილი სქემა, რომელსაც იზიარებენ მთელი რიგი სხვა ავტორები, ეწინააღმდეგება საქართველოს ამ ნაწილის რელიეფის ისტორიაზე ჩვენ მიერ ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებებს. აღნიშნული სქემის მთავარი ნაკლოვანებანი დაკავშირებულია იმ გარემოებასთან, რომ იგი ანგარიშს არ უწევს უახლესი დიფერენციალური ტექტონიკური მოძრაობების როლს და ეროზიული ფორმების განვითარება მასში განიხილება სუბსტრატის სტატიკისა და არა დინამიკის პოზიციებიდან.

უნდა აღინიშნოს, რომ მეოთხეული პერიოდის დიფერენციალური ტექტონიკური მოძრაობებით შექმნილი ქვაბულები წარმოდგენილია ივრის აუზის სხვა ნაწილებშიც. ასეთია, მაგალითად, ერწოს ქვაბული, რომელიც ირწყვის ივრის მარჯვენა შემდინარით მდ. აძეძით და რომელიც გადაღრმავებულია ივრის მთავარი ხეობის მიმართ. ანალოგიურ ხასიათს ატარებს, ინჟინერ ს. ელერდაშვილის მონაცემებით, ივრის ხეობის გაფართოებული ნაწილი სოფ. სიონთან, სადაც ადგილობრივ დაძირვასთან დაკავშირებით მომხდარა 200 მეტრამდე სისქის მდინარული და პროლუვიური ნალექების დაგროვება და გაჩენილა ფართო ქვაბული ივრის ხეობის მიმართ გადაღრმავებული ფსკერით. თიანეთის ქვაბულის მსგავსად, სიონის ქვაბულიც ჩაკეტილია ამოწეული სერით—გომბორის ქედის ტოტით, რომელიც ანტეცედენტური ხეობითაა გაკვეთილი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. Б. Вассоевич. Некоторые результаты геологических исследований в горной Кахетии (1928—1932 г.г.). Изд. Государств. треста „Грузнефть“, серия Геологическая, Тифлис, 1934.
2. А. Н. Джавахишвили. Геоморфологические районы Грузинской ССР. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1947.

3. И. Э. Карстенс. Материалы к палеогеографии Кахетинского Хребта и долины реки Алазани. „Труды Нефтяного геолого-разведочного института", серия Б, вып. 47, 1934.
4. В. Н. Крестников. Тектоническая характеристика восточной части Центрального Кавказа. Известия АН СССР, серия геологическая, № 6, 1947.
5. В. Е. Пахомов. К геоморфологии Двегви-Даллярского участка долины р. Куры (Закавказье). Известия гос. географич. об-ва, т. 69, вып. 5, 1937.
6. В. Е. Хаин и А. Н. Шарданов. Геологичская история и строение Куринской впадины. Изд. АН Азербайджанской ССР, Баку, 1952.

ბოტანიკა

კ. ოდიშარია

ზოგიერთი მონაცემი პალმის ბიოლოგიის შესწავლისათვის

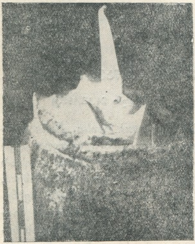
(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. გულისაშვილმა 24.12.1953)

ერთლებნიან მცენარეებს, როგორიცაა *Trachycarpus excelsa*, *Butia capitata*, *B. eriospatha*, *B. jatay* და ზოგიერთი სხვა, ღერო დაბოლოებული აქვთ ერთადერთი კენწრული ზრდის წერტილით, რომელიც *Trachycarpus excelsa*-ს აქვს კონუსური ან ცოტად თუ ბევრად ნახევრად ბურთისებური ფორმისა, ხოლო *Butia capitata*-ს, *Butia eriospatha*-ს და ზოგიერთ სხვა პალმებს შეზნექილი (სურ. 1). ზრდის კონუსზე, კენწეროს ცოტა ქვევით, წარმოიქმნებიან ფოთლები აკროპეტალური წესით, ეგზოგენური ბორცვებ-გამონაზარდების სახით. აქვე, ფოთლების უბეებში, *Trachycarpus excelsa*-ს და ზოგიერთ სხვა პალმებს ახალგაზრდობიდანვე (4—5 წლიდან) უჩნდებათ მხოლოდ საყვავილე, გენერაციული უბის კვირტები აკროპეტალური წესით, როგორც ეგზოგენური ბორცვებ-გამონაზარდები.

სურ. 1

ტანის ზრდასთან ერთად პალმის ქვედა ფოთლები თანდათან იზნიქება ქვევით, მისი ვაგინა ტანის გამსხვილებისას სკდება და თანდათანობით ხმება; ერთსა და იმავე დროს ხმება აგრეთვე უბის საყვავილე კვირტი. ამასთან ერთად ზრდის კონუსიდან წარმოიქმნებიან ახალი საჩანასახო ფოთლები, რომელთა უბეებშიაც საყვავილე კვირტებია მოთავსებული. უბის საყვავილე კვირტებიანი ფოთლების ასეთი წარმოქმნა *Trachycarpus excelsa*-ს და ამ გვარის პალმების ზოგიერთ სხვა სახეს წლითი წლობით უმეორდებათ. მხოლოდ დედა მცენარის მიერ 12—15 წლის ასაკის მიღწევისას და ყვავილობის ხანში შესვლის ჟამს მისი ზედა ფოთლების უბეებიდან იწყებენ განვითარებას და აგრეთვე აყვავილდებიან საყვავილე კვირტები. ამათგან უფრო ქვევით მდებარენი უკვე შემხმარია, ხოლო უფრო ზევით მდებარენი ცოცხლებია (სურ. 2). აქ საჭიროა აღინიშნოს ის დეტალი, რომ ფოთლის ვაგინას შეხმობა იწყება უბის კვირტის არსებობის ადგილიდან, ამასთან ჯერ კვირტი ხმება, ხოლო შემდეგ ფოთლის ვაგინა.

ამგვარად, გამოკვლევით ჩვენ მიერ დადგენილია, რომ საყვავილე კვირტების ჩასახვა *Trachycarpus excelsa*-ზე და ზოგიერთ სხვა სახის პალმებზე ხდება არა მარტო ყვავილობის წელიწადს ან წინამორბედ წელიწადს, არამედ მცენარის ყველაზე ახალგაზრდა ასაკიდან. ამასთანავე იმ დროს, როდესაც ზრდის კენწრული წერტილი დასახელებულ და მრავალ სხვა სახის პალმებს მთელი სიცოცხლის განმავლობაში მხოლოდ ვეგეტაციურ მდგომარეობაში აქვთ, გვერდითი უბის კვირტი, პირიქით, მუდამ გენერაციულია და გვერდით ყლორტებს ან დედა მცენარის დატოტვას არ იძლევიან.



სურ. 2

როგორც ზემოთ დასახელებული პალმები, ისე მრავალი სხვა განუწყვეტლივ მზარდი კენწრული ზრდის წერტილიანი მცენარე, წარმოადგენენ რა განუსაზღვრელი ზრდის მცენარეებს, განუსაზღვრელად დიდხანს ცოცხლობენ. *Trachycarpus excelsa* და *Butia capitata*-ს ზრდის კონუსის სრულ მოსპობას ჩვენ ვაწარმოებდით გაზაფხულის, ზაფხულის, შემოდგომისა და ზამთრის თვეებში 1951—53 წლების განმავლობაში; ამისათვის ვახდენდით 10, 20 და 30 წლის ასაკის თითოეული დასახელებული სახის 5—5 ეგზემპლარის შერჩევას (სურ. 3). ამ ოპერაციის დროს ცალკეულ ეგზემპლარებს დატოვებული ჰქონდა 4 და მეტი დაუზიანებელი ფოთოლი ნივთიერებათა სწორი ცვლისათვის (სურ. 4). ფიზიოლოგიურ აქტივობაში მცენარის მოყვანის მიზნით ჩვენ ამის შემდეგ ვაწარმოებდით მცენარის ტანის ახლო წრეების გაფხვიერებას მათში მშრალი და თხევადი ორგანული და მინერალური სასუქების შეტანით და ნიადაგში 5—10 სმ სიღრმეზე ჩაფვლით.

სურ. 3

ძლიერ გვალვიან ზაფხულის თვეებში ჩვენ ვაწარმოებდით ნიადაგის მორწყვას და მცენარის ტანის შესხურებას. ხოლო ზოგიერთ ეგზემპლარზე გადაჭრის ადგილებს ვჩრდილავდით და ვიცავდით მათ მზის სხივების პირდაპირი მოხვედრისაგან.

აღწერილი სამუშაოს პარალელურად ჩვენ იმავე პალმებზე ვაწარმოებდით ზრდის კონუსის ნახევრის ამოჭრას მისი ვერტიკალურად გაჭრით (სურ. 5).

Butia capitata და *Trachycarpus excelsa*-ს ცალკეულ 10- და 20-წლიან მცენარეებზე ჩვენ ვაწარმოებდით ზრდის კონუსის ქვემოთ ღეროს ნაწილის მისი დიამეტრის ნახევარზე და 20 სმ ამოჭრას (სურ. 6).

ჩვენი ცდის პირველ აღწერილ ვარიანტში, ე. ი. ზრდის კონუსის სრული ამოჭრის დროს, ყველა საცდელ მცენარეს, როგორც ფოთლებიანს, ისე უფოთლოს, მოჭრის ადგილი მცირე ბზარის გაჩენით შეეხორცათ. ზრდის ახალი კონუსის ანუ ყლორტების განვითარებას კი, როგორც მოჭრის ადგილზე, ისე უბის კვირტებიდან, მათზე ადგილი არ ჰქონია; არ წარმოშობილა აგრეთვე არც ზედა და არც ფესვის ამონაყრები.


სურ. 4

ამრიგად, ზრდის კონუსის სრული მოსპობის შემდეგ *Trachyarpus excelsa*-ს, *Butia capitata*-სა და ამ გვაროვნების პალმების სხვა სახეებს ზრდა-განვითარება სავსებით უწყდებათ მიუხედავად იმისა, დატოვებულია თუ არა ფოთლები ზრდის კონუსის ამოჭრის დროს. ოპერირებული მცენარე დროთა განმავლობაში იღუპება.

ცდის მეორე ვარიანტში ჩვენ ვაცლიდით მხოლოდ ზრდის კონუსის ნახევარს მისი ვერტიკალურად გაჭრის გზით. სამი თვის განმავლობაში ამის შემდეგ ემჩნეოდა დაჩაგრული და არანორმალური ზრდა უკვე ამოყრილი ქვემოთ გადახრილი ფოთლებისა, რაც უჩვეულოა დაუზიანებელი ზრდის კონუსისათვის. ეს ფოთლები ვერ აღწევდნენ სრულ ნორმალურ განვითარებამდე და ხმებოდნენ. ამოუჭრელად დარჩენილმა ზრდის კონუსის ნახევარმა ვერ შეძლო მერისტემატული ქსოვილის განვითარება ჭრილობის ადგილის მოსაშუშებლად, და ღეროს ქვედა ნაწილის ნახევრიდან არ ხდებოდა რეგენერაცია და ახალი ქსოვილის წარმოქმნა. სავეგეტაციო პერიოდის დასასრულს საცდელი მცენარეები დაიღუპა. სხვა ორლებნიან მცენარეებზე კი, განსაკუთრებით ლიანებზე, ანალოგიურ შემთხვევაში, მათი ცალკეულ უბნებად დასკდომის დროს, ჩვეულებრივ ხდება დაკარგული ნაწილის აღდგენა და ინდივიდი ნორმალურ ზრდასა და განვითარებას განაგრძობს.


სურ. 5

1951 წელს *Butia capitata*-ს ცალკეულ ეგზემპლარებზე ჩვენ მიერ ზრდის კონუსის ქვევით დაუზიანებლად ამოჭრილ იქნა ღეროს ნაწილი მისი დიამეტრის ნახევარზე და 40 სმ-ზე ვერტიკალური მიმართულებით. ამოჭრილი

სურ. 6

სურ. 7

ნაწილის მოშუშება დღემდე არ მომხდარა, მხოლოდ უჯრედები შეხორცდა მოჭრის ადგილებზე და მიიღო მუქი რუხი ფერი და ოდნავ ბორცვიანი შეხედულება. ზრდის კონუსი წარმომქმნელი ქსოვილით მოჩანს ღეროს ამოჭრილი ნაწილიდან, საცდელი მცენარეები განაგრძობენ ზრდას ფესვზე დარჩენილი ღეროს ხარჯზე და ქმნიან ახალ ნორმალურ ფოთლებს. ისეთი ზომების მიღება, რომლებიც ასტიმულირებენ ღეროების დაკარგული ნაწილების აღდგენას, წარმატებით ვერ დაგვირგვინდა და მხოლოდ მათი დაზიანების ადგილების ნაყოფიერი მიწით ამოვსებისას ხდება დიდი რაოდენობით დამატებითი ფესვების წარმოქმნა, რომელნიც სწრაფად მიისწრაფიან ნიადაგისაკენ.

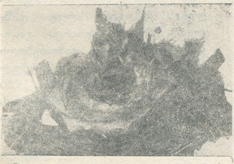
დავადგინეთ რა, რომ „ზრდის კონუსიდან გამოსული პალმის ფოთლების დაღუპვა არ ნიშნავს მთელი ხის დაღუპვას“ [1], ჩვენ შევუდექით ზრდის კონუსის დაზიანების ხარისხის შემდგომი გავლენის გამოკვლევას მცენარის ზრდასა და განვითარებაზე.

საცდელ მცენარეებად ძირითადად აღებულ იქნა *Trachycarpus excelsa* და *Butia capitata*, რომლებზედაც 1951—53 წლების განმავლობაში სხვადასხვა

დროს ვაწარმოებდით ზრდის კონუსის ამოცლა-ამოჭრას $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ და $\frac{2}{3}$ ნაწილზე ფოთლების დატოვებითა და მათ დაუტოვებლად.

პირველ სამ შემთხვევაში, ზრდის კონუსის $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ და $\frac{1}{2}$ ნაწილზე ამოჭრისას, ორივე სახის პალმების საცდელი მცენარეები თითქმის ერთნაირი გაძლიერებული ენერგიით აღადგენდნენ დაკარგულ ნაწილებს და სწრაფ ზრდას იძლეოდნენ. მაგალითად, ზრდის კონუსის $\frac{1}{4}$ ნაწილის ამოჭრისას საცდელი მცენარეები 5 თვის განმავლობაში იზრდიდნენ ღეროს 15—20 სმ მოჭრის ადგილიდან და იძლეოდნენ 4—5 ნორმალურად განვითარებულ ფოთოლს. მეორე შემთხვევაში, ზრდის კონუსის $\frac{1}{3}$-ზე ამოჭრისას, ღერო იმავე პერიოდში გაიზარდა 10—12 სმ და მოგვცა 1—2 ნორმალურად განვითარებული ფოთოლი, რაც თვალსაჩინოდ არის მოცემული მე-7 სურათზე. ზრდის კონუსის $\frac{1}{2}$ ნაწილის ამოჭრისას საცდელმა მცენარეებმა 5 თვის განმავლობაში მოგვცეს 5—7 სმ სიგრძის ღერო და ერთი ზრდადამთავრებული ნორმალურად განვითარებული ფოთოლი (სურ. 8). ბოლოს, ზრდის კონუსის $\frac{2}{3}$ ნაწილზე ამოჭრისას, მისი აღდგენა მეტად ნელა მიმდინარეობდა და, ვეგეტაციური პერიოდის 5 თვის განმავლობაში არც ერთი ფოთოლი არ გამოჩენილა. მარტო ზრდის კონუსის აღდგენასა და ნელ ზრდასთან ერთად ხდებოდა ჩანასახოვანი ფოთლების ამოღერება შემდგომი გამსხვილებით და ეს ამოღერებული ფოთლები სიმაღლით 4 სმ აღწევდნენ (სურ. 9).


სურ. 8


სურ. 9

უნდა აღინიშნოს, რომ *Butia capitata*-სათვის ზრდის კონუსის $\frac{2}{3}$ ნაწილზე ამოჭრისას უკანასკნელმა ჭრილობის

შეხორცებისა და ახალი უჯრედების წარმოქმნასთან ერთად დაიწყო ჩაზნექილი მდგომარეობიდან ამოზნექილ მდგომარეობაში თანდათანობით გადასვლა, ამასთან მისმა გარეთა ბორცვებიანმა და მცირებზარებიანმა ზედაპირმა რუხი-მურა ფერი მიიღო. დროთა განმავლობაში მის წვეროზე გაგანიერდა ნასკდომი, საიდანაც მეოთხე თვეზე ამოსვლა იწყეს მახინჯმა ფოთლისებურმა გამონაზარდებმა, ხოლო კიდევ რამდენიმე ხნის შემდეგ გამოსვლა იწყეს აგრეთვე სათითაოდ დახუჭუჭებულმა მახინჯმა ფოთლებმა (სურ. 11). მე-11 სურათზე გარკვევით ჩანს ამოზნექილი მერისტემატული ქსოვილი, აგრეთვე ნასკდომი ორი ფოთლისებური გამონაზარდითა და განვითარება-დაუმთავრებელი ფოთლებით. მე-12 სურათზე მოცემულია ვერტიკალური ჭრილი მცენარისა, რაც იძლევა *Butia capitata*-ს მძიმე ტრავმატიზაციის შედეგად ზრდის კონუსის ჩაზნექილი მდგომარეობიდან ზედაპირულ, ანუ თითქმის ამოზნექილ მდგომარეობაში გადასვლის სურათს.

სურ. 10

მოხსენებული ექსპერიმენტის მონაცემებმა დადასტურება პოვა შემდეგი მინდვრული ცდის მსვლელობაში. 1949—50 წლის ზამთარში, ჰაერის ტემპერატურის ძლიერ დაწევის გამო, ზრდის კონუსი *Butia capitata*-ზე $\frac{2}{3}$ ნაწილით დაზიანდა ახალგაზრდა ფოთლების შემდგომი სრული დაშლით. ჩვენ ამ მცენარეს გამოვუწმინდეთ მთელი დაზიანებული ნაწილი და აგრეთვე დაწესებულ იქნა მასზე მეთვალყურეობა. 1950 წლის გაზაფხულისა და ზაფხულის თვეების განმავლობაში საცდელ მცენარეზე აღდგენითი პროცესის არავითარი ნიშანი არ ყოფილა შემჩნეული. მაგრამ ზაფხულის მიწურულში მან მოგვცა რამდენიმე მახინჯი დაგრეხილი ფოთლისებური გამონაზარდი (სურ. 13)

სურ. 11

შემდგომ სავეგეტაციო წელს მცენარემ იწყო მახინჯი ფოთლების ინტენსიური ზრდა და წლის ბოლოსათვის მას უკვე ჰქონდა 7—8 ნახევრად დაგრეხილი და განუვითარებელი ფოთოლი (სურ. 13). მესამე წელს, თვით ვეგეტაციის დასაწყისში, საცდელმა პალმამ კიდევ მოგვცა ბოლოებში დაგრეხილი რამდენიმე ფოთოლი, მაგრამ ყველა შემდეგი ფოთოლი კი სრულიად ნორმალურად იყო განვითარებული. ამჟამად ამ მცენარემ თავისი დეკორაციული ფორმა მთლიანად აღიდგინა.

სურ. 12

სურ. 13

როგორც ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მდგომარეობაში, ისე ბუნებრივ პირობებში არც *Trachycarpus excelsa*-ზე და არც *Butia capitata*-ზე ზრდის კონუსის განშტოება, აგრეთვე უბის კვირტების, ამონაყრების ან ფესვის ყლორტების გაღვიძება და ზრდა შემჩნეული არ ყოფილა.

დასკვნები

1. *Trachycarpus excelsa*-ს ყვავილოვანი კვირტების ჩასახვა სუხუმის პირობებში ხდება არა მარტო ყვავილობის წელიწადს ან წინა წელს, არამედ 4 ან 5 წლის ასაკიდან; მაგრამ ეს კვირტები არ ყვავილდებიან, ზედა უფრო ახალგაზრდა კვირტები კი დედა მცენარის 12—15 წლის ასაკზე ყვავილობენ;

2. *Trachycarpus excelsa*-სა და პალმის ზოგიერთ სხვა სახეს ეს კვირტები მუდამ მხოლოდ გენერაციული აქვს;

3. *T. excelsa*-ს, *B. capitata*-სა და ზოგიერთი სხვა სახის პალმების ზრდის კონუსის სრული მოსპობისას წყდება მოცემული ინდივიდის ზრდა-განვითარე-

ბა; დროთა განმავლობაში ის იღუპება, მიუხედავად იმისა, დატოვებული იყო ფოთლები თუ არა ზრდის კონუსის ამოჭრისას.

ვერტიკალური გაჭრით ზრდის კონუსის ამოჭრისას არ ხდება წარმომქნელი ქსოვილის რეგენერაცია და განახლება, ამიტომ მცენარე ამ შემთხვევაშიც იღუპება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
სუხუმის ბოტანიკური ბაღი

(რედაქციას მოუვიდა 24.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. კ. ოდიშარია. დასავლეთ საქართველოში პალმების ყინვაგამძლეობის საკითხისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XII, № 2, 1950.

ფსიქოლოგია

ი. ბჟალავა

ფსიქიკის მოქმედების I და II დონე და ტვინის სიგნალიზაციის I და II სისტემა

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ნ. ბერძენიშვილმა 31.1.1954)

ჩვენს მიზანს შეადგენს ვუჩვენოთ რა ურთიერთობაშია დ. უ ზ ნ ა ძ ი ს მიერ დახასიათებული ფსიქიკის მოქმედების I და II დონე უმაღლესი ნერვული მოქმედების ფიზიოლოგიაში დადგენილი ტვინის I და II სასიგნალო სისტემებთან. ეს საკითხი თეორიული განხილვის საგანს უკვე წარმოადგენდა [2], მაგრამ რაც შეეხება მის ექსპერიმენტული ფაქტების საფუძველზე განხილვას, ამას წინამდებარე შრომა ისახავს მიზნად.

მ ე თ ო დ ი

სიბნელისადმი თვალების ადაპტაციის მიზნით ჩაბნელებულ კამერაში მოთავსებულ ცდისპირს დავალებული აქვს ორი წითელი წრე წარმოიდგინოს: მარჯვნივ დიდი და მარცხნივ პატარა. წარმოსახულს სიტუაციაში წრეების 20—25-ჯერ ერთმანეთთან შედარება, როგორც არა ერთხელ ყოფილა დადგენილი, სავსებით საკმარისია განწყობის ფიქსაციის განხორციელებისათვის. კრიტიკული ცდა იწყება ტოლი წითელი წრეების 2 სეკუნდის განმავლობაში განათებით. სინათლის ჩაქრობას თან სდევს წრეების თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულების აღმოცენება. ცდისპირი მათ სიდიდეს აკვირდება და იქვე აღნიშნავს: ტოლია ოპტიკური გამოხატულება, თუ უტოლო, ე. ი. ფიქსირებული განწყობის ზეგავლენით შეცვლილი. ცდა გრძელდება მანამ, სანამ ტოლი წრეების თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულება ტოლად არ იქნება აღქმული. ამ მეთოდის უფრო დაწვრილებით აღწერას დაინტერესებული მკითხველი იპოვის ერთ-ერთ ჩვენს გამოკვლევაში, სადაც პირველად ვეხებით ფიქსირებული განწყობისა და თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულების ურთიერთობას [2]. ექსპერიმენტის დანარჩენი ვარიანტები ტექსტში იქნება აღწერილი.

ცდაში უმაღლესი განათლების მქონე 16 ცდისპირი იღებდა მონაწილეობას.

ე ქ ს პ ე რ ი მ ე ნ ტ უ ლ ი მ ა ს ა ლ ა

მხედველობის რეცეპტორებზე უშუალო ზემოქმედებით განწყობის ფიქსაციის დროს ცდისპირის წინაშე დიდი და პატარა წრეებია მხედველობის ველზე მოთავსებული, ამიტომ იგი მხოლოდ იმაზე მითითებით კმაყოფილდება, რომელია დიდი და რომელი პატარა. ამავე ცდის სიტყვით, ე. ი. წარმოსახულს სიტუაციაში გადატანა არსებითად ცვლის საქმის ვითარებას,

ვინაიდან მხედველობა, როგორც მისი მოქმედების დასაყრდენი, ამ შემთხვევაში გამორიცხულია და ის, რაც აქამდე აქტუალური აღქმის სფეროში მოითხოვდა შესრულებას, ახლა აზრით სიტუაციაში უნდა იქნეს მიღწეული. ეს ისეთი ღონისძიებაა, რომელიც შეიძლება უშედეგოდ დარჩეს, თუ ვერ მოხერხდა პროცესის მიმდინარეობის *შეჩერება*, მასში ცდისპირის აქტიური ჩარევა.

საგანწყობო წრეების თანამიმდევარ ოპტიკურ ხატებზე დაკვირვების შემთხვევებში ეს საჭირო არც გამხდარა, ვინაიდან ხატებს თვითონვე შეუძლიათ 8—10 წამში თვალწინ ინერციის ძალით დგომა. აზრითს სიტუაციაში აღმოცენებული შინაარსები ასეთი თვისებით აღჭურვილნი არ არიან, ამიტომ ცნობიერებაში მათ არა მარტო აღმოცენებას, არამედ შეჩერებასაც თვითონ ცდისპირმა უნდა მიაღწიოს. მის განკარგულებაში ამ შემთხვევაში ცხოველი წარმოდგენა რჩება, უკეთეს შემთხვევაში ცნობიერებაში სიტყვის სახით წარმოდგენილი გამღიზიანებლები, რომლებზედაც დაყრდნობით უნდა განხორციელდეს განწყობის ფიქსაცია. აღმოჩნდება თუ არა ცდისპირებისათვის ეს მისაწვდომი, ამის ჩვენება კრიტიკულ ცდაში ტოლი წრეების განათებას შეუძლია, რომლის თანამიმდევარი ხატები, განწყობის ფიქსაციის შემთხვევაში, მოსალოდნელია, რომ ისევე უტოლო იქნება, როგორც ეს აქტუალური აღქმის სფეროში მიმდინარეობიდან არის ჩვენთვის ცნობილი.

გავეცნოთ ერთ-ერთი ოქმის შინაარსს. ცდისპირი ნ. რ. ასე აგვიწერს პროცესის მიმდინარეობას: „ჯერ კიდევ ჩემი სხეულის მდგომარეობას ვეძებ. მეგონა მიშველიდა თვალების ღიად დატოვება, მაგრამ არაფერში გამომადგა. უკვე წარმოდგენის მოლოდინში ვარ. აჰა! დიდი და პატარა წრე ბუნდოვნად ჩანს. კიდევ ერთი ძალისხმევა და ორივემ გამოკვეთილობა შეიძინა. ხატები ნარინჯის ფერისა ჩანს და შავ ფონზეა მოთავსებული. რატომღაც მალე მეკარგებიან, ამიტომ გაქცეული ხატების დაჭერა მიხდება. თანდათან დავიმორჩილე, მივაგენი დასაყრდენს, რომელზედაც დაყრდნობით მათი ცნობიერებაში გაჩერება გაადვილებული მაქვს. ხატები თავშია შიგნით და თვალთან უფრო ახლოს დგანან. ასე მგონია, მათ თავში განათებული არე უკავიათ. ირგვლივ სიბნელეა. მსურს ადგილი გადავუნაცვლო, მაგრამ ეს ჩემს ძალებს აღემატება“.

ზოგს იმდენად ცხადი წარმოდგენის ხატი აღმოაჩნდა, რომ, მათივე ენით რომ ვთქვათ, „რომ მოხერხდებოდეს ხატის გარეთ გამოტანა, მაშინ ნამდვილ თანამიმდევარ ხატთან გვექნება საქმე“. ცდაში ჭადრაკის მრავალ დაფაზე ერთდროულად მოთამაშე ცდისპირიც ღებულობდა მონაწილეობას. მან საჭადრაკო დაფის კვადრატებში ხატების ჩასმის ნებართვა გვთხოვა. „ასე ჩემთვის ადვილია, მიუთითებდა იგი, დაფასაც ვხედავ და წრეებსაც. შემიძლია ხატებს ასე დიდხანს ვუმზირო... მათი თავიდან მოშორება უკვე მიძნელდება“ და ა. შ.

რიგ შემთხვევაში ცხოველი წარმოდგენის ადგილი არათვალსაჩინო ცოდნას ეჭირა. „თვალსაჩინო ხატის გამოწვევა არ ხერხდება, მაგრამ რაც მაქვს, ესეც საკმარისია ვიმოქმედო“. „გონების თვალით ნახული უფრო ახლოა ჩემთან — მიუთითებდა მეორე — ვიდრე თვალსაჩინო წარმოდგენა, რომელიც ვერ დავიმორჩილე“.

ცდისპირის განცდაში გამაღიზიანებლები სახელდებული ობიექტებია, სწორედ ამიტომ მისი მოქმედება სიტყვით სიტუაციაში მიმდინარეობს და გან-

წყობაც, რომლის ფიქსაციასაც ისინი ცდილობენ, სიტყვას ემყარება. ერთ შემთხვევაში ცნობიერების შინაარსი, როგორც ვნახეთ, ცხოველია და გამოკვეთილი, მეორე შემთხვევაში მეტი ზოგადობა ახასიათებს და ეს არის ის, რაც მას კონკრეტულობასა და სიცხოველეს ართმევს.

ცხრილი 1

სიტყვითს სიტუაციაში ფიქსირებული განწყობის ილუზიები	კონტრასტული +	ასიმილაციური —	ტოლობა =	გაურკვეველი ?
აბსოლუტური რაოდენობა	54	68	13	10
%%	37,8	45,0	9,0	8,2

16 ცდისპირის შემოწმების შედეგად ფიქსირებული განწყობის კონტრასტული და ასიმილაციური ილუზიების რაოდენობამ 122-მდე მიაღწია, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ტოლი წრეების თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულება 82,8%-ის ფარგლებში სიტყვითს სიტუაციაში შემუშავებული და ფიქსირებული განწყობის ზეგავლენით არის აღქმული. მაშასადამე, სპეციფიკურ ადამიანურ განწყობას გამალიზიანებელთა თანამიმდევარი ოპტიკური ხატები ისევე ემორჩილებიან, როგორც ამას აქტუალური აღქმის სფეროში აქვს ადგილი. ორივე შემთხვევაში ისინი განწყობის ზეგავლენით შეცვლილნი პოულობენ გამოხატულებას ადამიანის მოქმედებაში.

ასევე წარმატებით ემორჩილება, როგორც სპეციალურმა შემოწმებამ გვიჩვენა, სამგანზომილებიანი თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულება (სტერეოხატი) სიტყვის სიტუაციაში ფიქსირებულ განწყობას. ეს ხატი არა მარტო თავისი სტრუქტურით, არამედ სხვა ნიშნებითაც, რომლის შესახებ აქ მითითება საჭირო არ არის, ძლიერ ახლოს დგას წარმოდგენის ხატთან.

იგივე არ ითქმის ნეგატიურ ფერში წარმოდგენილი თანამიმდევარი ხატის შესახებ, რომელიც იმდენად ინერტული ბუნებისაა, რომ ფიქსირებული განწყობის გავლენას არც აქტუალური აღქმის პირობებში და არც ამ შემთხვევაში ემორჩილება.

ცხრილი 2

ცდის შედეგები	ფიქსირებული განწყობის ილუზიები			
	კონტრასტული +	ასიმილაციური —	ტოლობა =	გაურკვეველი შემთხ. ?
ილუზიების აბსოლუტური რაოდენობა ვარჯიშის დაწყებამდე	25	49	26	5
ილუზიების აბსოლუტური რაოდენობა ვარჯიშის შემდეგ	63	48	15	3

როგორც მე-2 ცხრილი გვიჩვენებს, განწყობის ფიქსაციის ცდებში 4 დღის განმავლობაში ვარჯიშობდა 5 ცდისპირი. როგორც ეს მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, ვარჯიშმა გაზარდა კონტრასტული ილუზიების რიცხვი, საგრ-

ძნობლად გაადვილდა საგანწყობო წრეების თვალსაჩინოდ წარმოდგენის გამოწვევა, აგრეთვე შემცირდა კრიტიკული ობიექტების ტოლად აღქმის შემთხვევები. მაგრამ ილუზიების რაოდენობრივ ზრდას ფიქსირებული განწყობის ჩაქრობის ტიპურ მიმდინარეობაზე გავლენა არ მოუხდენია.

ამ ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებიდან ჩვენთვის უთუოდ ყურადსაღებია ის, თუ რა ვითარებაში იქნება განწყობა შემუშავებული: საგანთა თუ მათ შემცველ სიტყვათა პირობებში, გარესინამდვილის ხატი ყველგან მის შესატყვისად შეცვლილი მოგვევლინება. ეს შეეხება განწყობას, მაგრამ მისი სახით ხომ მოქმედებასთან გვაქვს საქმე, რომელიც აქ იმ ცნობილი ჭეშმარიტების ექსპერიმენტულ ილუსტრაციას ემსახურება, რომლის მიხედვით ადამიანის ცნობიერებაში მისივე პრაქტიკით, ე. ი. მოქმედებით გაშუალებული სინამდვილე პოულობს გამოხატულებას.

სიტყვა ადამიანის მოქმედების სპეციფიკური სფეროა, ამიტომ სიტყვითს სიტუაციაში განწყობის ფიქსაციის შესაძლებლობანი მხოლოდ მას გააჩნია. მაშასადამე, ფსიქიკის მოქმედების არა ერთი, არამედ ორი დონე არსებობს: ერთი მათგანი სინამდვილესთან უშუალო ურთიერთობის ვითარებაში აღმოცენდება, მეორე კი სიტყვით გაშუალებულ გარემოში. მას ურთიერთობა სიტყვაში ობიექტივებულ სინამდვილესთან აქვს. ფსიქიკის მოქმედების პირველ დონეზე განწყობის ფიქსაცია, როგორც ეს ახლა ცნობილია, ცხოველებთანაც არის შესაძლებელი. ამრიგად, ამ საფეხურზე აღმოცენებული მოქმედება ადამიანს საერთო აქვს ცხოველთან. ერთი სიტყვით, ადამიანს, როგორც დ. უზნაძე მიუთითებს, ფსიქიკური მოქმედების ორი დონე გააჩნია: განწყობისა და ობიექტივაციისა. უკანასკნელი, როგორც აღვნიშნეთ, უშუალოდ სიტყვას ემყარება.

ახლა შეიძლება ისიც ვიკითხოთ: ფსიქიკის მოქმედების მეორე დონეს რა აქვს საერთო ტვინის მეორე სასიგნალო სისტემასთან? ამ კითხვაზე სრულიად გარკვეული პასუხი არსებობს, თუ მხედველობაში მივიღებთ იმას, რომ მეორე სასიგნალო სისტემა აკად. ივ. პავლოვის მიერ სიტყვათა ზემოქმედების სფეროდ არის მიჩნეული. მაშასადამე, ყოველი სახის მოქმედება, რომელიც სიტყვითს სიტუაციაში ყალიბდება, შეუძლებელია მეორე სასიგნალო სისტემას არ ემყარებოდეს. აქედან მით უმეტეს არ შეიძლება წარმოადგენდეს გამონაკლისს განწყობა, რომელიც სიტყვითს სიტუაციაშია ფიქსირებული.

ახლა ჩვენს განკარგულებაში ექსპერიმენტული ფაქტები მოიპოვება, რომელთა მიხედვით სრულიად გარკვეული ურთიერთობის დანახვა არის შესაძლებელი აქტუალურ სიტუაციაში ფიქსირებულ განწყობასა და პირველ სასიგნალო სისტემას შორის. მეორე სასიგნალო სისტემა, ისევე როგორც პირველი, ტვინის ქერქის პროდუქტია, ან, როგორც აკად. ივ. პავლოვი მიუთითებს, მისი მოქმედება იმავე ნერვულ ქსოვილს ემყარება, რასაც პირველი. სწორედ ამიტომ სრული უფლება გვაქვს ვიფიქროთ, რომ ფსიქიკის მოქმედების მეორე დონესა და მეორე სასიგნალო სისტემას შორის ისეთივე დამოკიდებულება არსებობს, როგორც ფსიქიკის მოქმედების პირველ დონესა და პირველ სასიგნალო სისტემას შორის.

ამ ჩვენი დასკვნის ექსპერიმენტული დასაბუთება შეიძლება იმაშიც დავინახოთ, თუკი სიტყვითს სიტუაციაში ფიქსირებულ განწყობას აღმოაჩნდება რაიმე ურთიერთობა პირველი სასიგნალო სისტემის გამაღიზიანებლებთან. ამ

შემთხვევაში ისევ თანამიმდევარ ოპტიკურ გამოხატულებას უნდა მივმართოთ, როგორც სანდო და გამოცდილ ინდიკატორს.

ჩვენ ორ ცდისპირთან წინასწარ ჩამოვაყალიბეთ პირობით-რეფლექტორული კავშირი ფიქსირებულ განწყობასა და ორ სმენის პირობით გამაღიზიანებელთან. 300-ჰერციან სიგნალთან უტოლო წრეები იყო შეუღლებული, ხოლო 100-ჰერციან სიგნალთან—ტოლი წრეების განათება. როგორც ეს ახლა ცნობილია, შეიძლება ამ გზით მივაღწიოთ იმას, რომ პირველი პირობითი სიგნალის მოქმედების დროს ტოლ წრეთა თანამიმდევარი ხატები უტოლო გამოჩნდეს, მეორე სიგნალის მოქმედების შემთხვევაში—ტოლი [3].

რაკი სპეციალური დანიშნულების სიგნალები გვაქვს, ცხადია, თითოეულის გამოყენება შეგვიძლია განწყობის სიტყვითს სიტუაციაში ფიქსაციის გასაადვილებლად. თუ განწყობის ამ გზით შემუშავებას რაიმე საერთო გააჩნია ტვინის სასიგნალო სისტემასთან, მაშინ 300-ჰერციანმა პირობითმა სიგნალმა უნდა გაუადვილოს ცდისპირს უტოლო წრეების აღმოცენება და, მაშასადამე, მათი ზემოქმედებით განწყობის ფიქსაცია.

სწორედ ასეთი ვარაუდით შევუდექით ცდის განხორციელებას. ცდისპირი, რომელთაგან დროებითი კავშირები უკვე ჩამოყალიბებულია, ჩაბნელებულ კამერაშია მოთავსებული და ცდილობს მიაღწიოს წარმოსახულს სიტუაციაში განწყობის ფიქსაციას. დახმარების გასაწევად მოქმედებაში პირველი სასიგნალო სისტემის გამაღიზიანებელი 300 ჰერცი მოვიყვანეთ, რომელთანაც დროებით კავშირი უტოლო წრეების განათებით წინასწარ იყო ჩამოყალიბებული. წინააღმდეგ ჩვენი მოლოდინისა, პირობითი სიგნალის მოქმედებაში მოყვანამ საგრძნობლად შეაფერხა უტოლო წრეების წარმოდგენა. გენერატორის ხმაური იმდენად ხელის შემშლელი აღმოჩნდა, რომ ცდისპირის პროტესტი გამოიწვია: „მომაშორეთ გენერატორის ხმა, წარმოდგენა მეფანტება“. ჩანს, რომ სიგნალმა, როგორც ძლიერმა გამაღიზიანებელმა, ხელი შეუწყო უარყოფითი ინდუქციის მოვლენის აღმოცენებას.

ცნობიერებაში ერთდროულად ორი პროცესის მიმდინარეობა, როგორც გამოირკვა, ხელსაყრელი არ აღმოჩნდა მიზნის მისაღწევად. ჩვენთვის უკვე ცხადი შეიქმნა, რომ პირობითი სიგნალის მოქმედებას წინ არ უნდა უსწრებდეს საგანწყობო წრეების წარმოდგენა. ახლა ცდისპირი პირობითი სიგნალის (300 ჰერცი) მოსმენისა და გენერატორის გამორთვის შემდეგ იწყებდა სიგნალთან დაკავშირებული უტოლო წრეების წარმოდგენების გამოწვევას. თავიდან აქაც იჩინა თავი ერთგვარმა შეფერხებამ, მაგრამ 4—5 ცდის შემდეგ ამ ვითარებაში აღმოცენებულ წარმოდგენებს უჩვეულო სიცხადე ეტყობოდა. საგრძნობლად შემცირდა საგანწყობო ცდათა რაოდენობა. ქვემოთ ამ ვითარებაში მიმდინარე ცდის 8-ჯერ განმეორებით მიღებული შედეგებია წარმოდგენილი, რომლის პირობითი სიგნალის გარეშე მისაღებად 20—25-ჯერ განმეორება იქნებოდა საჭირო (იხ. ცხრილი 3).

მიუხედავად იმისა, რომ 8-ჯერ იყო ცდა სიტყვითს სიტუაციაში განმეორებული, როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, იმდენად მტკიცედ ფიქსირებულ განწყობასთან გვაქვს საქმე, რომ ტოლი წრეების თანამიმდევარი ოპტიკური ხატები ცდისპირს 12-ჯერ ზედიზედ ილუზორულად, ე. ი. განწყობის ზეგავლენით შეცვლილი დაუნახავს. მაშასადამე, ცდის ასეთი წარმატება მხოლოდ

პირობითი სიგნალის დახმარებას უნდა მიეწეროს, ვინაიდან მის გარეშე ამის მსგავსი სურათის მიღება უჩვეულოდ გამოიყურება.

ამაში საბოლოოდ დარწმუნებას ხელს უშლის ის გარემოება, რომ სიტყვით სიტუაციაში განწყობის ფიქსაცია შესაძლებელია იმ შემთხვევებშიაც, როცა პირობითი სიგნალის დახმარებას არ მივმართავთ.

ცხრილი 3

ცდისპირი	სიტყვით სიტუაციაში ფიქსირებული განწყობის ილუზიები			
	+	—	=	?
ნ. რ.	5	7	2	1

ამ ეჭვის გაფანტვა მეორე სიგნალის (100 ჰერცის) გამოყენებას შეუძლია. ჩვენ ამ სიგნალთან, როგორც აღნიშნული იყო, ტოლი წრეების განათება გვაქვს შეუღლებული. საგანწყობო წრეების წარმოდგენაში თუ პირველი სიგნალი გვეხმარებოდა, 100 ჰერცის ამ მიზნით გამოყენება ხელის შემშლელი უნდა აღმოჩნდეს. მართლაც, 100-ჰერციანი პირობითი გამაღიზიანებლით ნერვული სისტემის წინასწარ სიგნალიზაციამ იმდენად შეაფერხა უტოლო წრეების წარმოდგენა, რომ ცდისპირი აიძულა განეცხადებინა: „სულ ტოლი წრეებია ჩემ წინ, ასე არაფერი გამომივა". პირობითი სიგნალის ძალა, როგორც ვხედავთ იმაშია, რომ ცდისპირის ცნობიერებაში უტოლო წრეების ადგილს ტოლი წრეები იკავებენ. წარმოდგენათა შორის ასეთ „კონკურენციას" იმ შემთხვევაში აქვს ადგილი, როცა პირველი სასიგნალო სისტემის გამაღიზიანებელი ცდისპირის განზრახვის საწინააღმდეგოდ მოქმედებს. ერთი სიტყვით, შეუძლებელია ეჭვის მიტანა იმაში, რომ საერთოდ ტვინის სასიგნალო სისტემები, ხოლო ჩვენს შემთხვევაში პირველი სასიგნალო სისტემა, სრულიად გარკვეულ მონაწილეობას იღებს განწყობის ფიქსაციის მიმდინარეობაში.

ეს ჩვენი დასკვნა განწყობის შემუშავების პროცესს ეხება, თუ ასეთივე ძალა აქვს მას მაშინაც, როცა ფიქსირებული განწყობის მოქმედებასთან გვაქვს საქმე? არც ამის შემოწმება წარმოადგენს სიძნელეს, ვინაიდან სიტყვით სიტუაციაში განწყობის ფიქსაცია განხორციელებულია და პირველი სასიგნალო სისტემის სიგნალებიც მზად გვაქვს. ეს ისეთი ვითარებაა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გადავიდეთ განწყობის შემუშავებიდან მისი მოქმედების შემოწმებისკენ მიმართულ კრიტიკულ ცდაზე. სიტყვით სიტუაციაში ჩამოყალიბებულ განწყობას თუ რაიმე კავშირი აქვს ტვინის პირველ სასიგნალო სისტემასთან, მაშინ 300 ჰერცით წარმოდგენილი სიგნალის მოქმედების დროს ტოლი წრეების თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულება უტოლო უნდა გამოჩნდეს, ხოლო 100 ჰერცის მოქმედების შემთხვევაში—ტოლი.

ცდისპირი 300-ჰერციან სიგნალს ისმენს, რომელსაც 10 წამის შემდეგ უშუალოდ და შეუწყვეტავად მოსდევს ტოლი წრეების განათება. როგორც აღვნიშნეთ, სიტყვით სიტუაციაში განწყობა წინასწარ იყო ჩამოყალიბებული. თუ პირველი სასიგნალო სისტემის პირობითი გამაღიზიანებელი—300 ჰერცი—ამ

ცხრილი 4

ფიქსირებული განწყობის ეფექტი	პირობითი სიგნალები ჰერცებით								
	300	300	300	300	100	100	100	100	100
მხედველობის ველის განათების ხანგრძლიობა სეკუნდებით	88	95	91,5	105	82	93,4	104	101	108
სიტყვიერ სიტუაციაში შემუშავებული განწყობის ეფექტი	+	+	+	+	?	$\pm$	=	=	=

განწყობასთან კავშირში იმყოფება, მაშინ მოსალოდნელია, რომ იგი მის ამოქმედებას ხელს შეუწყობს და ტოლი წრეების თანამიმდევარი ხატები უტოლონი გამოჩნდებიან. ცდის შედეგები ამ მოსაზრების სასარგებლოდ მეტყველებენ, ვინაიდან უტოლო წრეების ექსპოზიციასთან შეუღლებული 300 ჰერცის მოქმედების დროს ტოლი წრეების თანამიმდევარი ოპტიკური გამოხატულება 4-ჯერ, როგორც ამას + ნიშანი გვიჩვენებს, ილუზორულად, ე. ი. განწყობისეულად არის აღქმული. სურათი არსებითად იცვლება, როცა მას მეორე პირობითი სიგნალი (100 ჰერცი) ცვლის. როგორც მე-5 ცდის შედეგი გვიჩვენებს, 100 ჰერცის მოქმედებაში მოყვანის მომენტიდანვე შეფერხებამ იჩინა თავი, ცდისპირმა ვერ მოახერხა გარკვევით ეთქვა: ტოლი იყო წრეები თუ უტოლო, რაც ცხრილში (?) ნიშნით არის აღნიშნული. მე-6 ცდაზე ბიეფექტური რეაქციის მსგავსმა მოვლენამ იჩინა თავი, ტოლი წრეების თანამიმდევარი ხატები უტოლო გამოჩნდა, მაგრამ სანამ იგი ჩაქრებოდა, როგორც ნიშანი $\pm$ გვიჩვენებს, ისევ ტოლობას დაუბრუნდა. დანარჩენი ცდა, ყოველ შემთხვევაში ამ ცდისპირთან, 100 ჰერცის სასარგებლოდ გადაწყდა, როგორც ამას ცხრილის სამ უკანასკნელ სვეტში ჩასმული = ნიშანი მიუთითებს.

როგორც ვხედავთ, სიტყვის სიტუაციაში ფიქსირებული განწყობა თუ ადეკვატურ პირობით სიგნალთან ერთად მოქმედებს, მიუხედავად იმისა, რომ პირველ სასიგნალო სისტემის გამაღიზიანებელთან გვაქვს საქმე, პროცესის მიმდინარეობაში შეფერხება არ შეინიშნება. შედეგი ამისა არის ის, რომ განწყობის ილუზიები განცდაში თავისუფლად პოულობენ გამოხატულებას. როცა მის მოქმედებას წინ საწინააღმდეგო დანიშნულების სიგნალი ეღობება, ცდისპირის მოქმედებაში ჯერ შეფერხება იჩენს თავს და შემდგომ, ფიქსირებული განწყობის შეცვლის გამო, ტოლი წრეების ტოლად აღქმა. ერთი სიტყვით, პირველი სასიგნალო სისტემის პირობითი გამაღიზიანებლები გარკვეულ კავშირში იმყოფებიან სიტყვიერ სიტუაციაში ფიქსირებულ განწყობასთან, ამიტომაც ახერხებენ ისინი შეასრულონ როგორც ხელისშემწყობი, ისე ხელისშემშლელი როლი.

განწყობის ფიზიოლოგიურ მექანიზმს რომ ქერქული პროცესების სისტემურობა არ წარმოადგენდეს, შეიძლება დანამდვილებით გვეთქვა, რომ ამ ჩვენი შედეგების გაგება შეუძლებელი აღმოჩნდებოდა. სისტემურობის აზრი იმაშია, რომ ყოველი ცალკეული ფიზიოლოგიური პროცესები მოქმედების გაერთიანებულ მექანიზმად არის ჩამოყალიბებული [4]. მაშასადამე, ამ მექანიზ-

მის საფუძველზე მოქმედების მატერიალური პირობების ასახვა—განწყობა შეუძლებელია მთლიანობით არ ხასიათდებოდეს. ეს გარემოება გასაგებს ხდის ჩვენი პირობითი გამაღიზიანებლების მოქმედებას. 300 ჰერცი უტოლო წრეების ექსპოზიციასთან იყო დაკავშირებული, და სრულიად ბუნებრივია, რომ იგი მისი მონაწილეობით ფიქსირებული განწყობის გამომწვევი სიგნალის როლს ასრულებს. ამ სიგნალის მოქმედების დროს, რომელსაც სიტყვით სიტუაციაში ფიქსირებულ განწყობასთანაც აღმოაჩნდა კავშირი, ცდისპირი ტოლი წრეების თანამიმდევარ ოპტიკურ ხატებს უტოლოდ აღიქვამს. 100 ჰერცი ტოლი წრეების ზეგავლენით ფიქსირებულ განწყობასთან იყო დაკავშირებული, იგი მისი აქტუალიზაციის სიგნალის როლს ასრულებს, ამიტომაც ტოლი წრეების თანამიმდევარი ხატები ტოლი ჩანს.

სიტყვით სიტუაციაში ფიქსირებული განწყობის დამოკიდებულება იმ სახის სიგნალებთან, როგორც ეს აქ იყო ნაჩვენები, უთუოდ ექსპერიმენტული საბუთია იმისა, რომ ფსიქიკის მოქმედების საფეხურებს შორის ისეთივე ურთიერთობა არსებობს, როგორც ეს ჩვენთვის ტვინის სასიგნალო სისტემებს შორის დამოკიდებულებიდან არის ცნობილი. მაშასადამე, ყოვლად გაუმართლებელ ღონისძიებად უნდა ჩაითვალოს მათი ერთმანეთისაგან მოწყვეტა და ამდაგვარ ხელოვნურ პირობებში შესწავლა.

გამოირკვა აგრეთვე ისიც, რომ განწყობის ფიქსაცია შესაძლებელია არა მარტო გამაღიზიანებელთა რეცეპტორებზე უშუალო ზემოქმედებით, არამედ მაშინაც, როცა ამ როლს მათი შემცვლელი სიტყვა ასრულებს. აქედან ცხადია, რომ ფსიქიკის მოქმედების ორ დონედ, უკეთ რომ ვთქვათ, ორ საფეხურად გაყოფა, ისეთი ჭეშმარიტებაა, რომელიც ფიზიოლოგიურ დასაბუთებას ტვინის I და II სასიგნალო სისტემათა მიხედვით პოულობს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
დ. უზნაძის სახელობის
ფსიქოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.2.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. შ. ჩხარტიშვილი. მეორე სასიგნალო სისტემა და ფსიქიკური ცხოვრების მეორე დონე. ალ. წულუკიძის სახელობის სახელმწ. პედაგოგიური ინსტიტუტის შრომები, X, 1950—1951.
2. ი. ბჟალავა. თანამიმდევარი ხატი და ფიქსირებული განწყობა. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 2, 1950.
3. ი. ბჟალავა. ფიქსირებული განწყობა და დროებითი კავშირების მექანიზმი. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 6, 1953.
4. ი. ბჟალავა. ფიქსირებული განწყობა და ტვინის დიდი ჰემისფეროების სისტემურობა. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 10, 1953.

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 8.4.1954 | საბეჭდი ფ. 5,5
ანაწყობის ზომა 7×11 | საალრ.-საგამომცემლო ფორმათა რაოდ. 5
შეკვ. 240 | უე 01487 | ტირაჟი 1000

ფასი 5 მან

დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
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, № 4, 1954

Основное, грузинское издание