

524
1960/3



524/3

საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

გ ლ ა მ ბ ე

ტომი XXIV, № 3

9

თბილისი, ქართული გამომცემი

1960

მ ა რ ზ ი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

შ ი ნ ბ ა რ ს ი

მათემატიკა



1. დ. ხარაზოვი. ზოგიერთი დიფერენციალური ობერატორის საკუთარი ფუნქციებით შედგენილი მწკრივების თანაბრად კრებადობის შესახებ 257

დრამატული თეორია

2. გ. ბადაგაძე. თავისუფლად დაფრდნობილი ორთოტროპული ფირფიტების განაგარიშება ბადეთა მეთოდით 265

ჰიფრომეხანიკა

3. ვ. ოსიპოვი. კოაქსიალურ ცილინდრებს შორის არასტატიონარული დინება მცირე გრებით 273

4. ლ. ილიხაროვა. ფსევდული ჰიდრაულიკური ნახტომის კინემატიკური მახასიათებლების ექსპერიმენტული გამოკვლევა 281

ჰიშია

5. ნ. საჯაია და ვ. ჯოჯუაძე. ჭიმიურ ანალიზში დიოქსიმალენინის მკვას გამოყენების საკითხისათვის 289

6. მ. მხარცელი შვილი. იონგაცვლითი ფისების გამოცდა ქრომიანი ელექტროლიტის რკინის მინარევისაგან გასაწმენდად 291

ელემტროქიმიკა

7. ი. ბერიკაშვილი. მწვავე კალიუმის წყალხსნარებში პერმანგანატის ელექტროქიმიური აღდგენა 295

პეტროგრაფია

8. გ. მიქაძე. თეთრი წყაროს რაიონის პალეოცენური ვულკანოგენური წარმონაქმნების პეტროგრაფია 303

9. მ. ბერიძე. მდინარე ალგეთის ხეობის პალეოცენურ-ქვედაოცენური წყების ზედა ნაწილის პეტროგრაფიისათვის 311

ტექნიკა

10. ზ. მესხი. დიდქანობიან სწრაფდენებზე გროვი ტალღების ჩამქრობი ტალღამკრელების ანგარიშისათვის 317

ტელემეხანიკა და ავტომატიკა

11. ნ. კალატოზიშვილი, გ. ნადირაძე და რ. შეგერელი შვილი. ტელეგაზომის დისკრეტული სისტემა ტელემართვისა და ტელესიგნალიზაციის უკონტაქტო მოწყობილობის გამოყენებით 325

სამთო სამე

12. ი. ჯანჯღაძე. გვირაბის გამყვანთა კომპლექსური რგოლის შემადგენლობის ანალიტური განსაზღვრა 329

პარაზიტოლოგია

13. ი. ელიავა. აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის ფიტონემატოდების ფუნის შესწავლის საკითხისათვის 335

ფიზიოლოგია

14. თ. თნიანი. მდინარის კიბოს ტონური და ტეტანური ნერვო-მოტორული ერთეულების შესახებ 343

15. ა. სიხარულიძე. ნერვოზული ნივთიერებათა და სტეროიდულ ჰორმონთა ფარმაკოდინამიკის ზოგიერთი თავისებურების შესახებ 351

მასპარეზოლოგიური მილიცინა

16. ნ. კლანდაძე. ნერვული სისტემის სტრუქტურული ცვლილებები ზოგიერთი შინგანი ორგანოს კიბოს გაურთულებელ და გართულებულ შემთხვევებში 357

კლინიკური მილიცინა

17. მ. გვიტაშვილი. ქრონიკული დიზენტერიის დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის საკითხისათვის 363

ფილოლოგია

18. ა. კლიმიანიშვილი. „ქართლის ცხოვრების“ ერთი ახალი ნუსხა 1697 წლისა 371

ისტორია

19. დ. ხახუტაიშვილი. მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქის რაიონის საკითხისათვის 377

მათემატიკა

დ. ხარაზიძე

ზოგიერთი დიფერენციალური ოპერატორის საკუთარი
ფუნქციებით შედგენილი მწკრივების თანაბრად
კრიტიკის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მ. კოლოშვილმა 7.2.1959)

1. ეს სტატია გარკვეული მიმართულებით ანეითარებს [1] შრომაში
მიღებულ შედეგებს. განვიხილოთ დიფერენციალური განტოლება

$$F(u) = \lambda G_1(u) + \lambda^2 G_2(u) - f(x), \quad (1)$$

სადაც

$$F(u) = \sum_{v=0}^n (p_v(x) u^{(v)})^{(v)}, \quad G_i(u) = \sum_{v=0}^{m_i} (g_{iv}(x) u^{(v)})^{(v)}, \quad m_i \leq n-1 \quad (i=1, 2),$$

$f(x)$ აღნიშნავს $[a, b]$ სეგმენტზე განსაზღვრულ უწყვეტ ფუნქციას, $p_v(x)$ და $g_{iv}(x)$ ფუნქციებია, რომელთაც v რიგის უწყვეტი წარმოებულები აქვთ $[a, b]$ -ში, λ კომპლექსური პარამეტრია. ვივლით შემთხვევით, რომ შესრულებულია შემდეგი პირობები: 1) როგორც უნდა იყვნენ u და v ფუნქციები, რომელთაც აქვთ $2n$ რიგის უწყვეტი წარმოებულები $[a, b]$ -ში და აკმაყოფილებენ პირობებს

$$\sum_{k=0}^{2n-1} [\alpha_{ik} u^{(k)}(a) + \beta_{ik} u^{(k)}(b)] = 0 \quad (i=1, 2, \dots, 2n), \quad (2)$$

სადაც α_{ik} და β_{ik} არსი რიცხვებია, რომელთა მიერ შედგენილ მატრიცს აქვს $2n$ -ის ტოლი რანგი, შესრულებულია ტოლობები

$$\int_a^b [vF(u) - uF(v)] dx = 0, \quad \int_a^b [vG_i(u) - uG_i(v)] dx = 0 \quad (i=1, 2);$$

2) ყოველი იგიური ნულისაგან განსხვავებული u ფუნქციისათვის, რომელსაც აქვს $2n$ რიგის წარმოებულები $[a, b]$ -ში და აკმაყოფილებს (2) პირობებს

$$\int_a^b uF(u) dx > 0 \quad (\text{ან} \int_a^b uF(u) dx < 0) \quad \text{და} \quad \int_a^b uG_2(u) dx > 0.$$



[1] შრომაში შესწავლილია სასაზღვრო ამოცანა M_2 : ვიპოვოთ $[a, b]$ სეგმენტზე [1] განტოლების ისეთი ამოხსნა, რომელიც აკმაყოფილებს (2) პირობებს.

განვიხილოთ ინტეგრალური განტოლება

$$w(x) = \lambda \int_a^b A_1(y, x) w(y) dy + \lambda^2 \int_a^b A_2(y, x) w(y) dy, \quad (3)$$

სადაც

$$A_i(x, y) = \sum_{\nu=0}^{m_i} \left(g_{i\nu}(y) \frac{\partial^\nu H(x, y)}{\partial y^\nu} \right)^{(\nu)} \quad (i=1, 2);$$

$H(x, y)$ აღნიშნავს (2) პირობების სათანადო გრინის ფუნქციას $F(u)$ ოპერატორისათვის. [1]-ში დამტკიცებულია, რომ (3) განტოლების სპექტრი ემთხვევა M_2 ამოცანის საკუთარ მნიშვნელობათა სიმრავლეს, ხოლო (3) განტოლების $w_k(x)$ საკუთარ ფუნქციებს შორის, რომლებიც ეთანადებიან λ_k საკუთარ მნიშვნელობებს და M_2 ამოცანის $u_k(x)$ საკუთარ ფუნქციებს შორის, რომლებიც ეთანადებიან იმავე $\lambda = \lambda_k$ -ს ($u_k(x)$)—ამოხსნა M_2 ამოცანისა იმ შემთხვევაში, როცა $f=0$ და $\lambda = \lambda_k$ არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$w_k(x) = F[u_k(x)], \quad u_k(x) = \int_a^b H(x, y) w_k(y) dy.$$

[1] შრომაში დამტკიცებულია (იხ. თეორემა 25⁽¹⁾), რომ არსებობს უსასრულო სიმრავლე M_2 ამოცანის საკუთარი მნიშვნელობებისა: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, \dots$ ($\lim |\lambda_n| = +\infty$), რომლებსაც ეთანადებათ გარკვეული წესით ნორმირებული და გარკვეული ვარიაციული თვისებებით აღჭურვილი, საკუთარ ფუნქციათა მიმდევრობა $u_1(x), u_2(x), \dots, u_n(x), \dots$ (იხ. [1], გვ. 166). გურდა ამისა, იქვე ნაჩვენებია (იხ. [1], თეორემა 26) შემდეგი დებულების სამართლიანობა: თუ λ არ არის საკუთარი მნიშვნელობა M_2 ამოცანისა, მაშინ M_2 ამოცანის $u(x)$ ერთადერთი ამოხსნა, თითქმის ყველგან $[a, b]$ -ში წარმოიდგინება ტოლობით

$$u(x) = - \int_a^b H(x, y) f(y) dy + \lambda \sum_{k=1}^{\infty} (\lambda_k - \lambda)^{-1} \left(\int_a^b f(t) u_k(t) dt \right) u_k(x), \quad (4)$$

სადაც მარჯვნივ მონაწილე მწკრივი შემოსაზღვრულად იკრიბება ყოველ

(¹ განსახილვე შემთხვევაში (2) პირობის ძალით, $A_2(x, y)$ გულს არ აქვს უარყოფითი საკუთარი მნიშვნელობები.

წერტილში $x \in [a, b]$ და, გარდა ამისა, იკრიბება საშუალოდ $u(x)$ ფუნქციისავე $[a, b]$ -ში.

წინამდებარე სტატიის მიზანია, დაამტკიცოს, რომ (4) მწკრივი თანაბრად კრებადი $[a, b]$ -ში.

2. [1] შრომაში დამტკიცებულია, რომ $H(x, y)$ დადებითად განსაზღვრული გულია, რომელიც აწარმოებს $A_i(x, y)$ ($i=1, 2$) გულების სიმეტრიზებას მარცხნიდან. აღვილია დარწმუნება, რომ, თუ (3) განტოლებას განვიხილავთ ნამდვილ ფუნქციათა $L^2[a, b]$ სივრცეში, მაშინ იგი არის ჰილბერტის სივრცეში განხილული იმ წრფივ განტოლებათა კერძო შემთხვევა, რომელიც შესწავლილია [2] შრომაში. [2]-ში გამოყენებული მეთოდის მიხედვით, განვიხილოთ $\alpha = \{u(x), v(x)\}$, $u(x), v(x) \in L^2[a, b]$ დალაგებულ წყვილთა G სიმრავლე და მასში წრფივი ოპერაციები განვსაზღვროთ ტოლობებით:

$$\begin{aligned} \alpha_1 + \alpha_2 &= \{u_1(x) + u_2(x), v_1(x) + v_2(x)\}, & \alpha_1 &= \{u_1(x), v_1(x)\}, \\ \alpha_2 &= \{u_2(x), v_2(x)\}, & \mu \alpha_1 &= \{\mu u_1(x), \mu v_1(x)\}. \end{aligned}$$

α_1 და α_2 ელემენტთა ყოველ წყვილს შეუთანალოთ რიცხვი

$$[\alpha_1, \alpha_2] = (H u_1, u_2) + (H A_2 v_1, v_2), \quad (5)$$

სადაც

$$\begin{aligned} (H u_1, u_2) &= \int_a^b \int_a^b H(x, y) u_1(x) u_2(y) dx dy, \\ (H A_2 v_1, v_2) &= \int_a^b \int_a^b P_2(x, y) v_1(y) v_2(x) dx dy, \quad P_2(x, y) = \int_a^b H(x, t) A_2(y, t) dt. \end{aligned}$$

G სიმრავლე (5) ფორმულით მასში განსაზღვრულ სკალარულ ნამრავლიან ერთად წარმოადგენს ჰილბერტის სივრცეს, საზოგადოდ, არასრულს ნახევრად განსაზღვრული მეტრიკით (იხ. [2]). ამ სივრცის შევსებისათვის, როგორც ეს ნაჩვენებია [2]-ში, საკმარისია G -ს დაეუმატოთ $\{u, v\}$ იდეალური ელემენტი, სადაც u და v ერთდროულად ან ყოველ შემთხვევაში ერთი მათგანი წარმოადგენს იმ სივრცეთა იდეალურ ელემენტს, რომლებიც განსაზღვრულია სათანალოთ სკალარული ნამრავლებით

$$(u(x), v(x))_H = (Hu, v) \quad (u(x), v(x))_{HA_2} = (HA_2 u, v).$$

ამ უკანასკნელი სკალარული ნამრავლებით შედგენილ სრულ ჰილბერტის სივრცეებს ჩვენ აღვნიშნავთ ასე: $L^2_H[a, b] \equiv L^2_H$ და $L^2_{HA_2}[a, b] \equiv L^2_{HA_2}$. ამგვარად, G -ს შევსება წარმოებს $\{u, v\}$ ელემენტთა ხაზგზზე, სადაც u და v ან ყოველ შემთხვევაში ერთი მათგანი, წარმოადგენს L^2_H და $L^2_{HA_2}$ იდეალურ ელემენტს.



HA_1, HA_2 -ით აღენიშნოთ $L^2[a, b]$ სივრცეზე უწყვეტი ინტეგრალური ოპერატორების

$$HA_1 u = \int_a^b \left(\int_a^b H(x, t) A_1(y, t) dt \right) u(y) dy, \quad HA_2 v = \int_a^b P_2(x, y) v(y) dy$$

უწყვეტი გაგრძელებანი სათანადოთ მთელს L^2_H და $L^2_{HA_1}$ სივრცეებზე. [2]-ში დამტკიცებულია შემდეგი დებულება (იხ. [2], თეორემა 2): როგორც უნდა იყვნენ ელემენტები $u \in L^2_H$, $v \in L^2_{HA_1}$, ელემენტები $HA_1 u$, $HA_2 u$, $HA_2 v$ ეკუთვნიან $L^2[a, b]$ სივრცეს და

$$HA_1 u + HA_2 v = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{f_k(u, v)}{\lambda_k} \int_a^b H(x, y) w_k(y) dy, \quad (6)$$

სადაც $f_k(u, v) = (u, x_k)_H + \lambda_k (v, x_k)_{HA_1}$, $\lambda_1, \dots, \lambda_n, \dots$ საკუთარი მნიშვნელობებია (3) განტოლებისა (M_2 ამოცანის), $w_1(x), \dots, w_n(x), \dots$ მათი შესაბამისი საკუთარი ფუნქციებია, ხოლო (6) მწკრივი ნორმით კრებადია $L^2[a, b]$ -ში.

3. ვთქვათ, $\omega_1, \dots, \omega_n, \dots$ და $\varphi_1(x), \dots, \varphi_n(x), \dots$ არიან საკუთარი მნიშვნელობები და ორთონორმირებულნი საკუთარი ფუნქციები $P_2(x, y)$ გულისა; მაშინ, მერსერას თეორემის ძალით,

$$P_2(x, y) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\varphi_i(x) \varphi_i(y)}{\omega_i},$$

სადაც მწკრივი კრებადია თანაბრად $a \equiv x, y \equiv b$ არეში.

განვიხილოთ $g_n(x) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(x) \varphi_i(t)$ ფუნქციათა მიმდევრობა (t ნების-

მიერადაა დაფიქსირებული). ეს მიმდევრობა ფუნდამენტალურია $L^2_{HA_2}$ სივრცეში, რადგან

$$\begin{aligned} (HA_2(g_m - g_n), g_m - g_n) &= \int_a^b \int_a^b P_2(x, y) \sum_{n+1}^m \varphi_i(y) \varphi_i(t) \sum_{n+1}^m \varphi_k(x) \varphi_k(t) dx dy = \\ &= \sum_{n+1}^m \omega_i^{-1} \varphi_i^2(t) \rightarrow 0, \quad m, n \rightarrow \infty. \end{aligned}$$

\tilde{g} -ით აღენიშნოთ $\{g_n(x)\}$ მიმდევრობით განსაზღვრული იდეალური ელემენტი

ლემა. მწკრივი

$$\sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^{-2} \left(\int_a^b H(x, t) w_k(t) dt \right)^2$$

თინაბრად კრებადია $[a, b]$ სეგმენტში.

$\int_a^b H(x, \tau) A_1(t, \tau) d\tau$ -ს სიმეტრიულობის ძალით გვექნება, რომ, თუ $u = A_1(y, t)$, მაშინ

$$\begin{aligned} HA_1 u &= \int_a^b \left(\int_a^b H(x, \tau) A_1(t, \tau) d\tau \right) A_1(y, t) dt = \\ &= \int_a^b \int_a^b H(\tau, t) A_1(x, \tau) A_1(y, t) d\tau dt, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} (u(t), u_k(t))_H &= \int_a^b \left(\int_a^b H(t, s) w_k(s) ds \right) A_1(y, t) dt = \\ &= \int_a^b H(y, t) \left(\int_a^b A_1(s, t) w_k(s) ds \right) dt. \end{aligned} \quad (8)$$

გარდა ამისა, $P_2(x, y)$ -ის სიმეტრიულობის ძალით,

$$\begin{aligned} (g_n(x), u_k(x))_{HA_2} &= \int_a^b \left(\int_a^b P_2(x, s) w_k(s) ds \right) \sum_{i=1}^n \varphi_i(x) \varphi_i(s) dx = \\ &= \int_a^b \sum_{i=1}^n \omega_i^{-1} \varphi_i(y) \varphi_i(s) w_k(s) ds; \end{aligned}$$

აქედან

$$(\tilde{g}, u_k(x))_{HA_2} = \int_a^b P_2(y, s) w_k(s) ds. \quad (9)$$

რადგან

$$HA_2 g_n = \int_a^b P_2(x, \tau) \sum_{i=1}^n \varphi_i(\tau) \varphi_i(y) d\tau = \sum_{i=1}^n \omega_i^{-1} \varphi_i(x) \varphi_i(y)$$

და მწკრივი $\sum_{i=1}^{\infty} \omega_i^{-1} \varphi_i(x) \varphi_i(y)$ თანაბრად კრებალია, ამიტომ იგი მით უფრო კრებალია L^2 და $L^2_{HA_2}$ სივრცეთა ნორმის აზრით. ამგვარად,

$$HA_2 \tilde{g} = P_2(x, y). \quad (10)$$

თუ (6)-ში ავიღებთ $u(t) = A_1(y, t)$, $v = \tilde{g}$, (7), (8), (9) და (10)-ის ძალით, გვექნება, რომ, როგორც უნდა იყოს $y \in [a, b]$,

$$\begin{aligned} \Phi(x, y) &\equiv \int_a^b \int_a^b H(\tau, t) A_1(x, \tau) A_1(y, t) d\tau dt + P_2(x, y) \\ &= \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^{-2} \left(\int_a^b H(y, t) \omega_k(t) dt \right) \left(\int_a^b H(x, t) \omega_k(t) dt \right)^2, \end{aligned} \quad (11)$$

სადაც მწკრივი x -ის შესახებ საშუალოდ კრებალია $[a, b]$ -ში. [1]-ში ნაჩვენებია (იხ. გვ. 170), რომ, როგორც უნდა იყოს $x \in [a, b]$,

$$\sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^{-2} \left(\int_a^b H(x, t) \omega_k(t) dt \right)^2 \equiv 2\Phi(x, x);$$

აქედან, შვარცის უტოლობის ძალით, გამომდინარეობს, რომ (11) მწკრივი თანაბრად კრებალია x -ის შესახებ, როცა ფიქსირებული $y \in [a, b]$. თუ (11)-ში ავიღებთ $y=x$, მაშინ, როცა $x \in [a, b]$,

$$\sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^{-2} \left(\int_a^b H(x, t) \omega_k(t) dt \right)^2 = \Phi(x, x).$$

მაგრამ $\Phi(x, x)$ უწყვეტია $[a, b]$ -ში და ლემის სამართლიანობა გამომდინარეობს დინის თეორემიდან.

თეორემა 1. როგორც უნდა იყოს ფუნქცია $f(x) \in L^2[a, b]$

$$\int_a^b \left(\int_a^b H(x, t) A_1(y, t) dt \right) f(y) dy = \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^{-1} \left(\int_a^b f(t) \omega_k(t) dt \right) u_k(x), \quad (12)$$

$$\int_a^b \left(\int_a^b H(x, t) A_2(y, t) dt \right) f(y) dy =$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \left(\int_a^b \int_a^b P_2(t, \tau) \omega_k(t) f(\tau) d\tau dt \right) u_k(x), \quad (13)$$

სადაც მწკრივები თანაბრად იკრებიებიან $[a, b]$ -ში.

(12) და (13) მწკრივების საშუალო კრებადობა $[a, b]$ სეგმენტში გამოძღინარეობს [1] შრომის მე-4 და მე-5 თეორემებიდან.

მაგრამ,

$$\left[\sum_{k=1}^n \lambda_k^{-1} \left(\int_a^b f(t) u_k(t) dt \right) u_k(x) \right]^2 \equiv \sum_{k=1}^n \left(\int_a^b f(t) u_k(t) dt \right)^2 \sum_{k=1}^n \lambda_k^{-2} u_k^2(x),$$

და რადგან

$$u_k(x) = \int_a^b H(x, y) w_k(y) dy,$$

ამიტომ უკანასკნელი უტოლობიდან, ლემისა და [1] შრომის (იხ. გვ. 147) (43) უტოლობის ძალით, გამოძღინარეობს (12) მწკრივის თანაბარი კრებადობა. (13) მწკრივის თანაბარი კრებადობა მტკიცდება ანალოგიურად ლემისა და (44) უტოლობის (იხ. [1], გვ. 147) ძალით.

თეორემა 1-ის საფუძველზე, ჩვეულებრივი გზით (იხ. [1]-ში მე-7 თეორემის დამტკიცება) მტკიცდება სამართლიანობა შემდეგი დებულებისა:

თეორემა 2. თუ λ არ არის საკუთარი მნიშვნელობა M_2 ამოცანისა, მაშინ M_2 ამოცანის ერთადერთი ამოხსნა $u(x)$ წარმოიადგინება ფორმულით

$$u(x) = - \int_a^b H(x, y) f(y) dy + \lambda \sum_{k=1}^{\infty} (\lambda_k - \lambda)^{-1} \left(\int_a^b f(t) u_k(t) dt \right) u_k(x),$$

რომელშიაც მონაწილე მწკრივი თანაბრად იკრიბება $[a, b]$ -ში.

5. აღნიშნულის ანალოგიურად, იმ შეზღუდვებში, რომლებიც მიღებულია [1]-ში, შეიძლება განვიხილოთ ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებებთან დაკავშირებული სასაზღვრო ამოცანები და დავადგინოთ ზემოაღნიშნული შედეგების ანალოგიური შედეგები. ამ გზით მტკიცდება ელიფსური ოპერატორების საკუთარი ფუნქციებით შედგენილი იმ მწკრივების თანაბარი კრებადობა, რომლებიც განხილულნი არიან [1]-ში. კერძოდ, მწკრივი, რომელიც მონაწილეობს [1] შრომის 32 თეორემაში, იკრიბება თანაბრად. ჩვენ არ მოგვეყვას ამ გზით მიღებული შედეგები, რადგან ისინი გამოითქმებიან ისევე, როგორც ზემოთ დამტკიცებული 1 და 2 თეორემები, თავისთავად ცხადი, ზოგიერთი ადვილად მისახვედრი ცვლილებებით (იხ. [1], თავი II, § 2).

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.2.1959)

დაგონიერების ლიბრატორა

1. Д. Ф. Харазов, Некоторые вопросы теории линейных симметризуемых операторов. Мат. Сб., т. 42, № 2, 1957.
2. Д. Ф. Харазов, Спектральная теория линейных вполне непрерывных операторов, квадратично зависящих от параметра. Труды Тбилисского Мат. инс.-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. XXVI, 1959



3. ბადაბაძე

თავისუფლად დაყრდნობილი ორთოტროპული ფირფიტების ბაზნბარიშება ბადეთა მითოდით

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა შ. მიქელაძემ 14.4.1959)

§ 1. ზოგადი შენიშვნები

განვიხილოთ ერთგვაროვანი ორთოტროპულ მხელი ფირფიტა, რომელიც კონტურით თავისუფლად ეყრდნობა რაიმე ხისტ საყრდენებს.

ავილოთ კოორდინატთა სისტემა ისე, რომ x და y ღერძების მიმართულნი ემთხვეოდეს ფირფიტის დრეკადობის მთავარ მიმართულებებს, ხოლო ფირფიტის შუა სიბრტყე $-xoy$ სიბრტყეს.

ვთქვათ, ფირფიტა დატვირთულია შუა სიბრტყის მართობულად $q(x, y)$ კგ/სმ² ტვირთით, რის გაუფლენითაც ის მიიღებს $w(x, y)$ ჩაღუნვას.

გამოვთვალოთ ფირფიტის ჩაღუნვა $w(x, y)$, მღუნავი მომენტები M_x და M_y , მგრეხავი მომენტი $H_{x,y}$ და გადამქრელი ძალები N_x და N_y , რომელნიც განისაზღვრებიან შემდეგი ფორმულებით:

$$M_x = -D_1 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu_2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \quad M_y = -D_2 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu_1 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right),$$

$$H_{x,y} = -2 D_k \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}, \quad N_x = -\frac{\partial}{\partial x} \left(D_1 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_3 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right),$$

$$N_y = -\frac{\partial}{\partial y} \left(D_3 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right).$$

აქ

$$D_1 = \frac{E_1 t^3}{12(1-\nu_1 \nu_2)}, \quad D_2 = \frac{E_2 t^3}{12(1-\nu_1 \nu_2)}, \quad D_k = \frac{G t^3}{12}, \quad \text{და } D_3 = \nu_2 D_1 + 2 D_k,$$

სადაც E_1, E_2, ν_1 და ν_2 წარმოადგენენ შესაბამისად იუნგის მოდულებს და პუასონის კოეფიციენტებს მთავარი მიმართულებებისათვის, G ძვრის მოდულია, ხოლო t არის ფირფიტის სისქე.

ეს ამოცანა მართკუთხა ოთხკუთხედი ფირფიტებისათვის ამოხსნილია ორმაგი მწკრივების საშუალებით [1]. მწკრივების საშუალებით მიღებული ამოხსნა მოუხერხებელია პრაქტიკული მიზნებისათვის, რადგან მომენტებისა და გადამქრელი ძალების გამოსათვლელად მიღებული მწკრივები ნელად კრებალია.

აღნიშნული ამოცანის ამოხსნენლად უმჯობესია ვისარგებლოთ ბადეთა მეთოდით, რომელსაც იყენებს შ. მიქელაძე იზოტროპული ფირფიტების განზგარიშებისათვის [2].

ქვემოთ ჩვენ დაწვრილებით შევჩერდებით კიბურ-მრავალკუთხა ფირფიტებზე, ე. ი. ისეთ ფირფიტებზე, რომელთა სასაზღვრო წირი შედგენილია კოორდინატთა ღერძების პარალელური მონაკვეთებისაგან.

როგორც ცნობილია, ფირფიტის ჩაღუნვის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს სახე:

$$D_1 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 D_3 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_2 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = q(x, y), \quad (1)$$



ხოლო კონტურზე ჩვენს შემთხვევაში სრულდება პირობები

$$w(x, y) = 0 \text{ და } \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \quad (2)$$

(1) განტოლება გადავწეროთ შემდეგნაირად:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \alpha_1 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \alpha_2 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \beta_1 \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \beta_2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = p(x, y),$$

სადაც

$$\alpha_1 = \frac{2D_2}{D_1}, \quad \alpha_2 = \frac{D_2}{D_1}, \quad \beta_1 = \frac{1}{2} (\alpha_1 + \sqrt{\alpha_1^2 - 4\alpha_2}), \quad \beta_2 = \frac{1}{2} (\alpha_1 - \sqrt{\alpha_1^2 - 4\alpha_2})$$

$$\text{და } p(x, y) = \frac{q(x, y)}{D_1}.$$

ეს საშუალებას მოგვცემს (1)-ის ნაცვლად განვიხილოთ ორი მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლება:

$$\Delta_1 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \beta_1 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = p(x, y), \quad (3)$$

$$\Delta_2 w = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \beta_2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = u(x, y). \quad (4)$$

განსახილავი არე დაფაროთ მართკუთხა ბადით, რომელსაც შექმნის წრფეთა ორი სისტემა:

$$x_m = x_0 + mh \text{ და } y_n = y_0 + nl.$$

ქვემოთ, (3) განტოლებას ვცვლით განტოლებებით:

$$u_k = \frac{1}{b_k} \sum_i a_i u_i - \frac{T_k}{b_k} - R_k \quad (5)$$

და

$$u_v = \frac{1}{b_v} \sum_m c_m u_m - \frac{T_v}{b_v} - R_v, \quad (6)$$

სადაც a_i აღნიშნავს $u(x, y)$ ფუნქციის მნიშვნელობას j -ურ კვანძში, a_i , c_m , b_j და T_j ცნობილი სიდიდეებია, ხოლო R_k და R_v არიან დამატებითი წევრები, რომლებიც შესაბამისად მეექვსე და მეოთხე ხარისხისანი არიან ბიჯის მიმართ. უკანასკნელი განტოლება ვარგა საზღვრიდან უახლოესი შიგა კვანძებისათვის, (5) განტოლება კი სამართლიანია დანარჩენი კვანძებისათვის. (5) და (6) განტოლებების კოეფიციენტები აკმაყოფილებენ პირობებს

$$a) \quad a_i > 0, \quad c_m > 0, \quad b) \quad \sum_i a_i \equiv b_k, \quad \sum_m c_m < b_v,$$

რაც საკმარისია (3)-ის ალგებრული ანალოგისათვის იტერაციის პროცესის კრებადობისათვის [3].

მსგავსი გზით ვიპოვიოთ $w(x, y)$ ფუნქციის მიახლოებით მნიშვნელობებსაც კვანძით წერტილებში, რამდენადაც $u(x, y)$ უკვე მოძებნილია ამ წერტი-

ლებში. ამის შემდეგ ვიპოვით ლუნვის დანარჩენ ელემენტებსაც რიცხვითი გაწარმოების ფორმულების დახმარებით, რადგანაც [3]-ში მოცემული შეფასებების მიხედვით $w(x, y)$ -ის მნიშვნელობები ნაპოვნი გვექნება h^4 -ს სიზუსტით.

§ 2. სასრული სხვაობიანი განტოლებები

ვივლისხმობთ, რომ h და l ბიჯებს შორის არის შემდეგი დამოკიდებულება: $l^2 = \beta_1 h^2$. მაშინ, როგორც ამაში აღვიღოთ დავრწმუნდებით, ყოველი შიგა კვანძისათვის (3) და (4) განტოლებები შეიძლება შესაბამისად შევცვალოთ შემდეგი სასრული სხვაობიანი განტოლებებით:

$$u_{0,0} = \frac{1}{20} \left[4(u_{1,0} + u_{0,1} + u_{-1,0} + u_{0,-1}) + u_{1,1} + u_{1,-1} + u_{-1,1} + u_{-1,-1} - 6h^2 \Delta_1^2 u_{0,0} - \frac{1}{2} h^4 \Delta_1^4 u_{0,0} \right] - R_0 \quad (7)$$

და

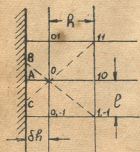
$$w_{0,0} = \frac{1}{20\alpha_1} \left[2(6\beta_1 - \alpha_1)(w_{1,0} + w_{-1,0}) + 2(6\beta_2 - \alpha_1)(w_{0,1} + w_{0,-1}) + \alpha_1(w_{1,1} + w_{1,-1} + w_{-1,1} + w_{-1,-1}) - 12h^2 \beta_1 \Delta_2 w_{0,0} - \beta_1 h^4 \Delta_1 \Delta_2 w_{0,0} \right] - R'_0 \quad (8)$$

სადაც R_0 და R'_0 შეექმნე რიგის უსასრულოდ მცირეებია, შედარებით h -თან. თუ მოვიტოვოთ, რომ

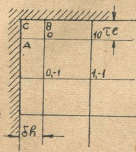
$$D_1 D_2 \cong D_3^2 \cong \frac{9}{5} D_1 D_2,$$

მაშინ (7) და (8) განტოლებებისათვის შესრულებულ იქნება ზემოაღნიშნული ა) და ბ) პირობები.

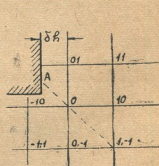
საზღვრიდან უახლოესი კვანძებისათვის შეიძლება გამოყვანილ იქნეს h^4 -ს სიზუსტის მქონე განტოლებები. ჩვენს შემთხვევაში შეიძლება შევხედოთ სამი ტიპის o კვანძს (ნახ. 1, 2, 3).



ნახ. 1



ნახ. 2



ნახ. 3

პირველი ტიპის კვანძისათვის (ნახ. 1) (3) და (4) განტოლებები შეიძლება შესაბამისად შეიცვალოს შემდეგი განტოლებებით:

$$u_0 = \frac{\delta}{2(1+\delta)(3+2\delta)} \left[4u_{1,0} + 2(1+\delta)(u_{0,1} + u_{0,-1}) + u_{1,1} + u_{1,-1} - 3h^2(1+\delta)\Delta_1 u_0 - h^2(1-\delta^2)\frac{\partial}{\partial x}\Delta_1 u_0 \right] - R_0 \quad (9)$$

და

$$w_0 = \frac{1}{a_0} (a_{1,0} w_{1,0} + a_{0,1} w_{0,1} + a_{0,-1} w_{0,-1} - b_0 h^2 \Delta_1 w_0) - R'_0 \quad (10)$$

სადაც

$$a_0 = 2(1+\delta)(3\beta_1 + \beta_2 + 2\beta_2\delta), \quad a_{1,0} = 6\beta_1\delta, \\ a_{0,1} = a_{0,-1} = \beta_2(1+\delta)(1+2\delta), \quad b_0 = \frac{\beta_1}{\beta_2} a_{0,1}.$$

მეორე შემთხვევაში (ნახ. 2) (3) და (4) განტოლებების შეცვლა შეიძლება შესაბამისად:

$$u_0 = \frac{1}{a_0} \left\{ a_{\beta,\tau} u_{1,0} + a_{\tau,\beta} u_{0,-1} - \frac{1}{2} h^2 b_{\beta,\tau} \left[3\Delta_1 u_0 + \right. \right. \\ \left. \left. + h(1-\delta)\frac{\partial}{\partial x}\Delta_1 u_0 - l(1-\tau)\frac{\partial}{\partial y}\Delta_1 u_0 \right] \right\} - R_0 \quad (11)$$

და

$$w_0 = \frac{1}{a'_0} \left(\beta_1 a_{\beta,\tau} w_{1,0} + \beta_2 a_{\tau,\beta} w_{0,-1} - \frac{1}{6} l^2 b_0 \Delta_1 w_0 \right) - R'_0 \quad (12)$$

განტოლებებით, სადაც

$$a_0 = 2[(2+\delta+\tau)(\delta+\tau+\delta\tau) + 1-\delta\tau], \quad a_{\beta,\tau} = \delta(1+\tau)(1+2\tau), \\ b_{\beta,\tau} = \delta\tau(1+\delta)(1+\tau), \quad a'_0 = \beta_1 a_{\beta,\tau} \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) + \beta_2 a_{\tau,\beta} \left(1 + \frac{1}{\tau} \right), \\ b_0 = \frac{1}{\delta\tau} a_{\beta,\tau} a_{\tau,\beta}.$$

მესამე ტიპის კვანძით წერტილებში (ნახ. 3) (3) განტოლება შეიცვალოს შემდეგი განტოლებით:

$$u_0 = \frac{1}{a_0} \left[a_1(u_{1,0} + u_{0,-1}) + a_2(u_{1,1} + u_{-1,-1}) + a_3 u_{1,-1} - \frac{1}{2} h^2 \left(b_1 \Delta_1 u_0 + \right. \right. \\ \left. \left. + h b_2 \frac{\partial}{\partial x} \Delta_1 u_0 - l b_3 \frac{\partial}{\partial y} \Delta_1 u_0 \right) \right] - R_0 \quad (13)$$

სადაც

$$a_0 = 3(1+\delta)^2, \quad a_1 = 2\delta(1-\delta^2), \quad a_2 = \frac{1}{2}\delta(1+\delta)(1+2\delta), \\ a_3 = \delta(1+2\delta^2), \quad b_1 = \delta(4+3\delta+5\delta^2), \quad b_2 = \delta(1-\delta^2);$$

(4) განტოლება კი - განტოლებით:

$$w_0 = \frac{1}{a_0} (a_{1,0} w_{1,0} + a_{-1,0} w_{-1,0} + a_{0,1} w_{0,1} + a_{0,-1} w_{0,-1} + a_{1,1} w_{1,1} + \\ + a_{-1,-1} w_{-1,-1} + a_{-1,-1} w_{-1,-1} - b_0 h^2 \Delta_1 w_0 - l^2 \Delta_1 w_{0,-1} - \beta_2 h^2 \Delta_2 w_{1,0}) - R'_0 \quad (14)$$

სადაც

$$b_0 = \beta_1 \left(8\delta^2 + 5\delta + 2 + \frac{2\beta_1}{\beta_2} \right), \quad a_0 = 2b_0 + 4\beta_1 + 2\beta_2 \left(4 - 2\delta + 4\delta^2 + \frac{3}{\delta} \right),$$

$$a_{-1,0} = b_0 - \beta_2 (2\delta^2 + 5\delta + 2), \quad a_{1,0} = a_{-1,0} + 2\beta_2 \left(3 - 2\delta^2 - \frac{\beta_2}{\beta_1} \right),$$

$$a_{0,1} = 2(3\beta_2\delta^2 + \beta_1), \quad a_{0,-1} = 2\beta_2(\delta^2 + 3),$$

$$a_{1,1} = \beta_2 \left(2\delta^2 + 3\delta + \frac{\beta_2}{\beta_1} \right), \quad a_{1,-1} = \beta_2 \left(4\delta^2 + \frac{\beta_2}{\beta_1} \right) + \beta_1,$$

$$a_{-1,-1} = \beta_2\delta(2\delta + 3) + \beta_1.$$

(9) - (14) განტოლებებისათვის დაცულია შემოაღნიშნული ა) და ბ) პირობები.

§ 3. მომენტებისა და გადაამკრეღი ძალების გამოსათვლელი ფორმულები

რიცხვითი გაწარმოების ფორმულების გამოყენებით ადვილად მიიღება შიგა კვანძით წერტილებში მომენტებისა და გადაამკრეღი ძალების მიახლოებით მნიშვნელობათა გამოსათვლელი ფორმულები:

$$(M_x)_{0,0} = -D_1 \left[u_{0,0} + \frac{1}{l^2} (\nu_2 - \beta_2) (w_{0,1} - 2w_{0,0} + w_{0,-1}) \right], \quad (15)$$

$$(M_y)_{0,0} = -D_2 \left[\nu_1 u_{0,0} + \frac{1}{l^2} (1 - \nu_1 \beta_2) (w_{0,1} - 2w_{0,0} + w_{0,-1}) \right], \quad (16)$$

$$(H_{x,y})_{0,0} = -\frac{D_k}{2hl} (w_{1,1} - w_{1,-1} - w_{-1,1} + w_{-1,-1}),$$

$$(N_x)_{0,0} = -\frac{1}{2h} \left[D_1 (u_{1,0} - u_{-1,0}) + \frac{1}{l^2} (D_3 - \beta_2 D_1) (2w_{-1,0} - 2w_{1,0} + w_{1,1} - w_{-1,1} + w_{1,-1} - w_{-1,-1}) \right],$$

$$(N_y)_{0,0} = -\frac{1}{2\beta_2 l} \left[D_2 (u_{0,1} - u_{0,-1}) + \frac{1}{h^2} (\beta_2 D_3 - D_2) (2w_{0,-1} + w_{1,1} - w_{1,-1} + w_{-1,1} - w_{-1,-1} - 2w_{0,1}) \right].$$

პირველი ტიპის კვანძით წერტილებში (ნახ. 1) მლუნავი მომენტების მნიშვნელობათა გამოსათვლელად გამოდგება (15) და (16) ფორმულები. მგრეხავი მომენტის მნიშვნელობის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$(H_{x,y})_0 = -\frac{D_k}{2hl} [3(w_{0,-1} - w_{0,1}) + 4(w_{1,1} - w_{1,-1}) + w_{2,-1} - w_{2,1}],$$

ხოლო გადაამკრეღი ძალების მიახლოებით მნიშვნელობათა გამოსათვლელად ვღებულობთ

$$(N_x)_0 = \frac{1}{\delta h} \left[D_1 u_0 + \frac{1}{l^2} (D_3 - \beta_2 D_1) (w_{0,1} + w_{0,-1} - 2w_0) \right],$$

$$(N_y)_0 = -\frac{1}{2l} \left[D_3 (u_{0,1} - u_{0,-1}) + \frac{1}{l^2} (D_2 - \beta_2 D_3) (\omega_{0,2} - 2\omega_{0,1} + \right. \\ \left. + 2\omega_{0,-1} - \omega_{0,-2}) \right].$$

მეორე ტიპის კვანძებში (ნახ. 2) მომენტების მიახლოებით მნიშვნელობათა გამოსათვლელად შეიძლება ვისარგებლოთ ფორმულებით

$$(M_x)_0 = -\frac{D_1}{\beta_2} \left\{ \nu_2 u_0 + \frac{6(\beta_2 - \nu_2)}{h^2(1+\delta)(1+2\delta)} [\delta \omega_{1,0} - (1+\delta)\omega_0] \right\},$$

$$(M_y)_0 = -\frac{D_2}{\beta_2} \left\{ u_0 + \frac{6(\nu_1 \beta_2 - 1)}{h^2(1+\delta)(1+2\delta)} [\delta \omega_{1,0} - (1+\delta)\omega_0] \right\},$$

$$(H_{x,y})_0 = \frac{D_k}{2hl} (9\omega_0 - 12\omega_{0,-1} + 3\omega_{0,-2} - 12\omega_{1,0} + 16\omega_{1,-1} - \\ - 4\omega_{1,-2} + 3\omega_{2,0} - 4\omega_{2,-1} + \omega_{2,-2}).$$

გადამჭრელი ძალების მიახლოებით მნიშვნელობებს გამოვთვლით ფორმულებით

$$(N_x)_0 = -\frac{1}{\beta_2 \delta h} \left\{ D_3 u_0 + \frac{6(\beta_2 D_1 - D_3)}{h^2(1+\delta)(1+2\delta)} [\delta \omega_{1,0} - (1+\delta)\omega_0] \right\},$$

$$(N_y)_0 = \frac{1}{\beta_2 \tau l} \left\{ D_2 u_0 + \frac{6(\beta_2 D_3 - D_2)}{h^2(1+\delta)(1+2\delta)} [\delta \omega_{1,0} - (1+\delta)\omega_0] \right\}.$$

თუ წერტილი მესამე ტიპისაა (ნახ. 3), მაშინ ამ წერტილში მღუნავი მომენტების მიახლოებით მნიშვნელობათა გამოსათვლელად გამოიყენება (15) და (16) ფორმულები. მგრეხავი მომენტის მნიშვნელობის გამოთვლა შეიძლება ფორმულით

$$(H_{x,y})_0 = \frac{D_k}{hl} (\omega_{1,0} + \omega_{-1,0} + \omega_{0,1} + \omega_{0,-1} - 2\omega_0 - \omega_{1,1} - \omega_{-1,-1});$$

გადამჭრელი ძალები კი გამოითვლებიან შემდეგი ფორმულებით:

$$(N_x)_0 = -\frac{1}{2\beta_2 h} \left[D_3 (u_{1,0} - u_{-1,0}) + \frac{1}{h^2} (\beta_2 D_1 - D_3) (\omega_{2,0} - 2\omega_{1,0} + \right. \\ \left. + 2\omega_{-1,0} - \omega_{-2,0}) \right],$$

$$(N_y)_0 = -\frac{1}{2l} \left[D_3 (u_{0,1} - u_{0,-1}) + \frac{1}{l^2} (D_2 - \beta_2 D_3) (\omega_{0,2} - 2\omega_{0,1} + \right. \\ \left. + 2\omega_{0,-1} - \omega_{0,-2}) \right].$$

დაწეროთ ახლა ფორმულები, რომელთა საშუალებით შეიძლება გამოთვლილ იქნეს მგრეხავი მომენტისა და გადამჭრელი ძალების მნიშვნელობები ფირფიტის კონტურისა და ბადის წრფეების გადაკვეთის წერტილებში. ასეთი A წერტილები შეიძლება იყოს ორი სხვადასხვა ტიპისა (ნახ. 1 და 2).

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილ A წერტილისათვის მგრეხავი მომენტის მნიშვნელობის გამოსათვლელ ფორმულას ექნება სახე

$$(H_{x,y})_A = -\frac{D_k}{\delta hl} (\omega_{0,1} - \omega_{0,-1});$$



გადამჭრელი ძალის გამოსათვლელად კი შეიძლება ვისარგებლოთ ფორმულით:

$$(N_x)_A = -\frac{1}{\delta h} \left[D_1 u_0 + \frac{1}{l^2} (D_3 - \beta_2 D_1) (\omega_{0,1} + \omega_{0,-1} - 2\omega_0) \right].$$

(ფირფიტის y ღერძის პარალელურ გვერდებზე $N_y = 0$).

მეორე ტიპის A წერტილებში მგრეხავი მომენტის მნიშვნელობა შეიძლება გამოვიანგარიშოთ ფორმულით

$$(H_{x,y})_A = \frac{2D_k}{\delta \tau h l (1+\tau)} [(1-\tau^2)\omega_0 + \tau^2\omega_{0,-1}];$$

გადამჭრელი ძალისათვის კი ვღებულობთ

$$(N_x)_A = -\frac{1}{\delta h} \left\{ D_1 u_0 + \frac{6(D_3 - \beta_2 D_1)}{l^2 (1+\tau)(1+2\tau)} [\tau\omega_{0,-1} - (1+\tau)\omega_0] \right\}.$$

კუთხის წერტილებში (ნახ. 2) მგრეხავი მომენტის მნიშვნელობის გამოსათვლელ ფორმულას აქვს სახე

$$(H_{x,y})_c = \frac{2D_k}{\delta \tau h l} \omega_0.$$

დასასრულს აღვნიშნავთ, რომ ახლაბან გამოყვანილი ფორმულების დახმარებით ადვილად მიიღება ფორმულები, გამოსადეგი ორთოტროპული ფირფიტის გათვლისათვის მაშინაც კი, როცა იგი დატვირთულია, განაწილებული ტვირთის გარდა, ნაპირებზე განაწილებული მომენტებით.

§ 4. რიცხვითი მაგალითი

განვიხილოთ კონტურით თავისუფლად დაყრდნობილი კვადრატული ფირფიტა, რომლის გვერდი ტოლია a -სი და რომელიც თანაბრადაა დატვირთული მთელ ფართობზე განაწილებულ q ინტენსივობის ტვირთით.

ვთქვათ, განსახილავი ფირფიტა ისეთია, რომ $\nu_1 = 0,3$ და $\nu_2 = 0,1$, ხოლო იუნგის მოდულებსა და ძერის მოდულს შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულებანი:

$$E_1 = 3E_2, \quad G = \frac{85}{97} E_2.$$

მაშინ, $D_1 = 3D_2$, $D_3 = 2D_2$ და ფირფიტის ჩალუნვის დიფერენციალურ განტოლებას ექნება სახე

$$3 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 4 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D_2}.$$

თუ კვადრატის გვერდებს დავყოფთ 4 თანატოლ ნაწილად და ამ განტოლებას ამოვხსნით ზადეთა მეთოდითაც და მჭკრივების საშუალებითაც, $w(x, y)$ ფუნქციის მნიშვნელობათათვის ბადის შიგა კვანძებში მივიღებთ 1 ცხრილს.

ცხრილი 1

$w_{i,k} = \frac{qa^4}{D_2}$	$\alpha_{0,0}$	$\alpha_{1,0} = \alpha_{-1,0}$	$\alpha_{0,1} = \alpha_{0,-1}$	$\alpha_{1,1} = \alpha_{-1,1} = \alpha_{1,-1} = \alpha_{-1,-1}$
მჭკრივით ზადეთა მეთოდით	0,002021 0,002021	0,001452 0,001452	0,001484 0,001485	0,001070 0,001070



მლუნავი მომენტებისათვის ელემენტობა მე-2 და მე-3 ცხრილებს

მლუნავი მომენტის M_x -ის მნიშვნელობებისათვის

ცხრილი 2

$(M_x)_{i,k} = \beta_{ik} qa^2$	$\beta_{0,0}$	$\beta_{1,0} = \beta_{-1,0}$	$\beta_{0,1} = \beta_{0,-1}$	$\beta_{1,1} = \beta_{1,-1} = \beta_{-1,1} = \beta_{-1,-1}$
მწკრივით	0,0616	0,0488	0,0473	0,0374
ბადეთა მეთოდით	0,0617	0,0488	0,0475	0,0376

ცხრილი 3

მლუნავი მომენტის M_y -ის მნიშვნელობებისათვის

$(M_y)_{i,k} = \gamma_{ik} qa^2$	$\gamma_{0,0}$	$\gamma_{1,0} = \gamma_{-1,0}$	$\gamma_{0,1} = \gamma_{0,-1}$	$\gamma_{1,1} = \gamma_{1,-1} = \gamma_{-1,1} = \gamma_{-1,-1}$
მწკრივით	0,0229	0,0167	0,0197	0,0146
ბადეთა მეთოდით	0,0228	0,0167	0,0195	0,0144

მგრეხავი მომენტისათვის გვაქვს მე-4 ცხრილი.

ცხრილი 4

$(H_{x,y})_{i,k} = \delta_{ik} qa^2$	$\delta_{0,0} = \delta_{1,0} = \delta_{-1,0} = \delta_{0,1} = \delta_{0,-1}$	$\delta_{-1,1} = \delta_{1,-1} = -\delta_{-1,-1} = -\delta_{1,-1}$
მწკრივით	0	0,0135
ბადეთა მეთოდით	0	0,0137

გადამჭრელი ძალების გამოთვლა მწკრივების საშუალებით პრაქტიკულად თითქმის შეუძლებელია მწკრივების ნელად კრებადობის გამო.

თუ ზემოთ მოყვანილი ფორმულების გამოყენებით გამოვითვლით გადაჭრულ ძალას წერტილში $(-1,0)$, როცა $h = \frac{a}{4}$, მივიღებთ

$$(N_x)_{-1,0} = 0,16 qa \text{ და } (N_y)_{-1,0} = 0, \text{ ხოლო, თუ ავიღებთ } h = \frac{a}{8}, \text{ გვიქნება}$$

$$(N_x)_{-1,0} = 0,18 qa \text{ და } (N_y)_{-1,0} = 0.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 14.4.1959)

დაგოვაზებული ლიტერატურა

1. С. Г. Лехницкий. Анизотропные пластинки. ГИИТ, Москва, 1947.
2. შ. შიქელაძე. ახალი განტოლებები სასრულო სხვაობებში კონტურზე თავისუფლად დაყრდნობილი სწორკუთხა ფირფიტების გამონაგარიშებისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. IV, № 8, 1943.
3. Ш. Е. Микеладзе. О численном интегрировании уравнений эллиптического и параболического типа. Изв. АН СССР, 5, № 1, 1941, 57—74.
4. Ш. Е. Микеладзе. Численные методы математического анализа. ГИИТЛ, Москва, 1953.



3. ოსიოზი

კოაქსიალურ ცილინდრებს შორის არასტაციონარული დინება მცირე ბრახით

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ვეჯუაშ 18.3.1959)

განვიხილოთ ბლანტი უკუშში სითხის არასტაციონარული სემგანზომილებიანი მოძრაობა წრიულ ცილინდრულ რგოლში. მოძრაობა ვიგულისხმობთ სიმეტრიული ღერძის მიმართ. სიჩქარის მდგენელებმა, გარდა საწყისი და სასაზღვრო პირობებისა, უნდა დააკმაყოფილოს პირობა რგოლის საწყის კვეთში.

სტაციონარული ამოცანა წრიული ცილინდრული მილისათვის დასმულ და გადაწყვეტილ იქნა ლ. კოლაცისა და ჰ. გერტლერის [1] მიერ. მათ სიჩქარის მეორე წარმოებული ღერძული კოორდინატით, რადიალური კოორდინატით მეორე წარმოებულთან შედარებით სიმცირის გამო უკუაგდეს და გრების სიჩქარის განსაზღვრის ამოცანა დაიყვანეს მეორე რიგის ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლების საკუთრივი მნიშვნელობების მოძებნის ამოცანაზე. იგივე ამოცანა წრიული ცილინდრული რგოლისათვის განხილულ იქნა ჰ. ვუნდტის [3] მიერ.

წინამდებარე შრომაში ჩვენ მიზანს შეადგენს განვსაზღვროთ არასტაციონარული მოძრაობის გრების სიჩქარე. ფუნდამენტალური ფუნქციის საშუალებით ვადგენთ გრინის ფუნქციას, რომლის საშუალებითაც ამოცანა მიგვყავს ინტეგრალურ განტოლებაზე, რომელსაც ვხსნით მიმდევრობითი მიახლოების მეთოდით.

1. აღვნიშნოთ: x —ღერძული, r —რადიალური და φ —კუთხური ცილინდრული კოორდინატები, $r=a$ და $r=b$ —სასაზღვრო გვერდითი ზედაპირები; u, v, w —დინების სიჩქარის კომპონენტები x, r, φ ღერძებზე; p —წნევა, ρ —სიმკვრივე, ν —სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი, t —დრო.

დავუშვათ, რომ ღერძულ-სიმეტრიული დინების ველი u, v, w, p დამოუკიდებელია φ -საგან. მაშინ მოძრაობის განტოლებები მარტივდება და ჩვენი ამოცანის ოთხი ძირითადი განტოლება უცნობი $u(x, r, t)$, $v(x, r, t)$, $w(x, r, t)$ და $p(x, r, t)$ ფუნქციებისათვის იქნება შემდეგი:

$$u_t + uu_x + vv_r = -\frac{1}{\rho} p_x + \nu \left(u_{xx} + u_{rr} + \frac{1}{r} u_r \right), \quad (1)$$

$$v_t + uv_x + vv_r - \frac{1}{r} w^2 = -\frac{1}{\rho} p_r + \nu \left(v_{xx} + v_{rr} + \frac{1}{r} v_r - \frac{1}{r^2} v \right), \quad (2)$$

$$w_t + uw_x + vw_r + \frac{1}{r} vw = \nu \left(w_{xx} + w_{rr} + \frac{1}{r} w_r - \frac{1}{r^2} w \right), \quad (3)$$

$$u_x + v_r + \frac{1}{r} v = 0. \quad (4)$$



გაუმტარი (შეუვალი) რგოლისათვის დაცულ უნდა იქნეს მიკვრის პირობა ზედაპირებზე

$$u=v=w=0, \text{ როცა } r=a \text{ და } r=b; \quad (5)$$

გარდა ამისა, დაკმაყოფილებულ უნდა იქნეს წინასწარი პირობები დინების მდგომარეობის შესახებ $t=0$ საწყის მომენტში, რგოლის საწყის $x=0$ კვეთში და აგრეთვე მოცემული ფუნქციების უწყვეტობისა და წარმოებადობის საკმარისი პირობები.

რგოლის საწყისი კვეთიდან დინების მიმართულებით საკმარისად დაშორებულ ადგილებში v რადიალური და w გრძობის კომპონენტები შინაგანი ხახუნის გავლენით უნდა მოისპოს და ასიმპტოტურად გვექნება

$$v \rightarrow 0, w \rightarrow 0, x \rightarrow \infty\text{-თვის.} \quad (6)$$

(2) და (4)-დან გამომდინარეობს

$$p \sim p(x, t), u \sim u(x, t), \text{ როცა } x \rightarrow \infty, \quad (7)$$

ამიტომ (1) განტოლებიდან x -ის საკმარისად დიდი მნიშვნელობისათვის ვლებულობთ

$$v \left(u_{rr} + \frac{1}{r} u_r \right) - u_t = \frac{1}{\rho} p_x, \quad (8)$$

(7) თანახმად, ამ განტოლების ორივე მხარე არის მხოლოდ t -ს ფუნქცია. აღვნიშნოთ ეს ფუნქცია $w(t)$ -თი, გვექნება

$$p_x = \rho w(t), \text{ ანუ } P(x, t) = P_0(t) + \rho x w(t), \quad (9)$$

$$v \left(u_{rr} + \frac{1}{r} u_r \right) - u_t = w(t); \quad (10)$$

(10) განტოლების ამოხსნა

$$u(r, 0) = u(a, t) = u(b, t) = 0 \quad (10_1)$$

ზღვრული პირობებით $U(r, t)$ -თი აღვნიშნოთ.

2. საძიებელი u, v, w ფუნქციები წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$u = U + u^*, v = v^*, w = w^*, p = p + p^*; \quad (11)$$

(11) ჩასმა (1), (2), (3), (4) განტოლებებში და ამის შემდეგ გაწრფივება შემოფოთებათა სიდიდეების მიმართ, იმ დაშვებით, რომ $|u^*|, |v^*|, |w^*| \ll U_0$, მიგვიყვანს სისტემაზე

$$u_t^* + U u_{xx}^* + U_r v^* = -\frac{1}{\rho} p_x^* + v \left(u_{xx}^* + u_{rr}^* + \frac{1}{r} u_r^* \right), \quad (12)$$

$$v_t^* + U v_{xx}^* = -\frac{1}{\rho} p_r^* + v \left(v_{xx}^* + v_{rr}^* + \frac{1}{r} v_r^* - \frac{1}{r^2} v^* \right), \quad (13)$$

$$w_t^* + U w_{xx}^* = v \left(w_{xx}^* + w_{rr}^* + \frac{1}{r} w_r^* - \frac{1}{r^2} w^* \right). \quad (14)$$

$$u_x^* + v_r^* + \frac{1}{r} v^* = 0, \quad (15)$$

სადაც U_0 არის $|U|$ -ის მაქსიმუმი.

თუ დავაკვირდებით მიღებულ სისტემას, შევნიშნავთ, რომ (14) განტოლება არ შეიცავს u^* , v^* , p^* სიდიდეებს და, პირუკუ, w^* არ ახდენს არავითარ გავლენას u^* , v^* , p^* -ს განმსაზღვრელ განტოლებებზე.

თუ დავუშვებთ, რომ w კომპონენტი მცირეა, მაშინ შეგვიძლია (2) განტოლება w -ს მიმართ გავაწრფივოთ. ამ შემთხვევაში (1), $\frac{w^2}{r}$ წევრისაგან განთავისუფლებული (2) განტოლება და ასევე (4) არ შეიცავს w -ს; ამგვარად, u , v , p სიდიდეების განმსაზღვრელი განტოლებები გამოხატავენ ისეთ დინებას, როგორც გვაქვს გრძობისაგან თავისუფალ შემთხვევაში. სუსტი გრება მილის არც ერთ უბანზე არ ახდენს გავლენას „ძირითად დინებაზე“; სუსტი გრება უბრალოდ დაედება ძირითად დინებას.

ამოცანა: მოვძებნოთ (14) განტოლების ამოსხნა შემდეგი პირობების დაცვით:

$$w^*(x, r, 0) = 0, w^*(0, r, t) = \varphi(r, t), w^*(x, a, t) = w^*(x, b, t) = 0, \quad (16)$$

სადაც φ მოცემული უწყვეტი და წარმოებადი ფუნქციაა. გამოთვლების სიმარტივის მიზნით ჩვენ აქ სიჩქარის მნიშვნელობას საწყის მომენტში ვიღებთ ნულის ტოლად.

3. განვიხილოთ დიფერენციალური განტოლება

$$\nu \left(V_{xx} + V_{rr} + \frac{1}{r} V_r - \frac{p^2}{r^2} V \right) - V_t = F(x, r, t) \quad (17)$$

ზღვრული პირობებით

$$V(x, r, 0) = 0, V(0, r, t) = \varphi(r, t), V(x, a, t) = V(x, b, t) = 0. \quad (18)$$

განვიხილოთ ფუნქცია

$$I_p(x, x_0, r, r_0, t) = \frac{1}{4\sqrt{\pi\nu^3 t^3}} I_p \left(\frac{rr_0}{2\nu t} \right) e^{-\frac{r^2 + r_0^2 + (x-x_0)^2}{4\nu t}}, \quad (19)$$

სადაც I_p ბესელის p -ური რიგის ფუნქციაა წარმოსახვითი არგუმენტით, r_0, x_0 — ფიქსირებული წერტილი $a < r_0 < b$, $0 < x_0 < \infty$ ინტერვალში. ფუნქცია (19) აკმაყოფილებს (17) განტოლების შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას, თუ $t > 0$, $x \neq x_0$, $r \neq r_0$ ტოლია ნულისა, როცა $t = 0$, $r \neq r_0$ ან $x \neq x_0$; ხოლო როცა $t = 0$, $r = r_0$, $x = x_0$, თუ მხედველობაში მივიღებთ ბესელის ფუნქციის ასიმპტოტურ გამოსახულებას,

$$I_p(x) = \sqrt{\frac{1}{2\pi x}} e^x,$$

ადვილად შევამჩნევთ, რომ მას აქვს შემდეგი სახის განსაკუთრებულება:

$$\frac{1}{4\pi\nu t \sqrt{rr_0}} e^{-\frac{(r-r_0)^2 + (x-x_0)^2}{4\nu t}} \quad (20)$$



8025

(19) ფუნქციის ვუწოდოთ (17) შესაბამისი ერთგვაროვანი განტოლების ფუნდამენტალური ამოხსნა.

შვედგინოთ გამოსახულება

$$H_p(x, x_0, r, r_0; t) = -\Gamma_p(x, x_0, r, r_0; t) + H_p^0(x, x_0, r, r_0; t), \quad (21)$$

სადაც H_p^0 აკმაყოფილებს (17) შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას და პირობებს

$$H_p^0|_{t=0} = 0, \quad H_p^0|_{x=0} = \Gamma_p|_{x=0}, \quad H_p^0|_{r=a} = \Gamma_p|_{r=a}, \quad H_p^0|_{r=b} = \Gamma_p|_{r=b}.$$

H_p რეგულარულია განსახილველ არეში და აკმაყოფილებს (17) განტოლების შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებას ყველა $t > 0$, $r \neq r_0$, $x \neq x_0$ -თვის; ზედაპირებზე ნულად იქცევა ყოველი შიგა r_0, x_0 წერტილისათვის; როცა $t=0$, $r \neq r_0$ ან $x \neq x_0$, იგი ნულია მთელს არეში, ხოლო როცა $t=0$, $r=r_0$, $x=x_0$, მას აქვს (20) სახის განსაკუთრებულება. (21) ფუნქციის ვუწოდოთ (17) განტოლების გრინის ფუნქცია.

(17) განტოლების ამოხსნა წარმოვადგინოთ $V_0 + V_1$ ჯამის სახით, სადაც V_0 არის შესაბამისი ერთგვაროვანი განტოლების ამოხსნა, რომელიც (18) პირობებს აკმაყოფილებს; ხოლო V_1 (17) განტოლების კერძო ამოხსნაა, რომელიც აკმაყოფილებს ერთგვაროვან ზღვრულ პირობებს.

V_0 ამოხსნა, ანალოგიურად H_p^0 , წარმოიდგინება დიუჰამელის ინტეგრალის გამოყენებით; მართლაც, გვაქვს

$$\begin{aligned} V_0(x, r, t) = & \int_0^t \int_a^b \varphi(r_0, \tau) \left\{ \frac{r_0}{2\nu(t-\tau)} I_p \left[\frac{rr_0}{2\nu(t-\tau)} \right] e^{-\frac{r^2+r_0^2}{4\nu(t-\tau)}} + \right. \\ & \left. + \int_0^{t-\tau} f(r_0, \tau') \frac{\partial W_1(r, t-\tau-\tau')}{\partial \tau'} d\tau' + \right. \\ & \left. + \int_0^{t-\tau} \psi(r_0, \tau') \frac{\partial W_2(r, t-\tau-\tau')}{\partial \tau'} d\tau' \right\} e^{-\frac{x^2}{4\nu(t-\tau)}} \frac{x d\tau dr_0}{2V\nu(t-\tau)^3}, \end{aligned}$$

სადაც

$$f(r_0, \tau) = \frac{r_0}{2\nu\tau'} I_p \left(\frac{ar_0}{2\nu\tau'} \right) e^{-\frac{a^2+r_0^2}{4\nu\tau'}}, \quad \psi(r_0, \tau) = \frac{r_0}{2\nu\tau'} I_p \left(\frac{br_0}{2\nu\tau'} \right) e^{-\frac{b^2+r_0^2}{4\nu\tau'}};$$

ხოლო W_1 და W_2 (17) განტოლების შესაბამისი ერთგვაროვანი განტოლების ისეთი ამოხსნებია, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობებს

$$W_1(r, 0) = 0, \quad W_1(a, t) = 1, \quad W_1(b, t) = 0,$$

$$W_2(r, 0) = 0, \quad W_2(a, t) = 0, \quad W_2(b, t) = 1.$$

ეს ფუნქციები ადვილად განისაზღვრება ცვლადთა განცალგების ფორმულაში თოლით. მსჯელობა უნდა ჩატარდეს ცალ-ცალკე $p=0$ და $p \neq 0$ -თვის.

V_1 ფუნქციის საპოვნელად ავიღოთ ორი $A(x_0, r_0, \tau)$ და $B(x, x_0, r, r_0; t-\tau)$ ფუნქცია და დავწერთ იგივობა

$$B \left[v \left(A_{x_0} + A_{r_0} + \frac{1}{r_0} A_0 - \frac{p^2}{r_0^2} A \right) - A\tau \right] - A \left[v \left(B_{x_0} + B_{r_0} + \frac{1}{r_0} B_0 - \frac{p^2}{r_0^2} B \right) + B\tau \right] = \frac{v}{r_0} \frac{\partial}{\partial r_0} (r_0 A B_{r_0} - r_0 A B_0) + v \frac{\partial}{\partial x_0} (B A_{x_0} - A B_{x_0}) - (A B)\tau.$$

r -ის მახლობლობაში გამოვეთ $(-\varepsilon, +\varepsilon)$ ზოლი; A ფუნქციად მივიღოთ საძიებელი V_1 ფუნქცია, ხოლო B ფუნქციად $-H_p$; მაშინ ამ ზოლის გარეთ

$$v \left(\frac{d^2 H_p}{dx_0^2} + \frac{\partial^2 H_p}{\partial r_0^2} + \frac{1}{r_0} \frac{\partial H_p}{\partial r_0} - \frac{p^2}{r_0^2} H_p \right) + \frac{\partial H_p}{\partial \tau} = 0$$

და (17) განტოლების ძალით წინა იგივობიდან მივიღებთ

$$\begin{aligned} & \int_0^t d\tau \int_0^\infty dx_0 \int_a^{r-\varepsilon} r_0 F(x_0, r_0, \tau) H_p(x, x_0, r, r_0; t-\tau) dr_0 + \\ & + \int_0^t d\tau \int_0^\infty dx_0 \int_{r+\varepsilon}^b r_0 F(x_0, r_0, \tau) H_p(x, x_0, r, r_0; t-\tau) dr_0 = \\ & = v \int_0^t d\tau \int_0^\infty \left[r_0 H_p \frac{\partial V_1}{\partial r_0} - r_0 V_1 \frac{\partial H_p}{\partial r_0} \right]_{r+\varepsilon}^{r+\varepsilon} dx_0 + \\ & + v \int_0^t d\tau \int_0^\infty \left[H_p \frac{\partial V_1}{\partial x_0} - V_1 \frac{\partial H_p}{\partial x_0} \right]_{r+\varepsilon}^\infty dr_0. \end{aligned}$$

თუ მარჯვენა მხარეში შევიტანთ H_p -ს მნიშვნელობას და მხედველობაში მივიღებთ, რომ H_p^0 ფუნქციისა და მისი წარმოებულების შემცველი ინტეგრალები მიისწრაფიან ნულისაკენ, როცა $\varepsilon \rightarrow 0$, უკანასკნელი ტოლობა ასე ჩაიწერება:

$$\int_0^t d\tau \int_0^\infty dx_0 \int_a^r r_0 F H_p dr_0 + \int_0^t d\tau \int_0^\infty dx_0 \int_r^b r_0 F H_p dr_0 =$$



$$\begin{aligned}
 &= -\nu \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_0^t d\tau \int_0^\infty \left[r_0 \frac{\partial V_1}{\partial r_0} + \beta V_1 \right] \Gamma_p \Big|_{r+\varepsilon}^{r-\varepsilon} dx_0 - \nu \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_0^t d\tau \int_{r+\varepsilon}^{r-\varepsilon} r_0 \left[\Gamma_p \frac{\partial V_1}{\partial r_0} \right. \\
 &\quad \left. - V_1 \frac{\partial \Gamma_p}{\partial x_0} \right] d r_0 + \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_0^t d\tau \int_0^\infty \left\{ r_0 \left[r I_{p-1} \left[\frac{r r_0}{2\nu(t-\tau)} \right] - \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - r_0 I_p \left[\frac{r r_0}{2\nu(t-\tau)} \right] \right] \frac{V_1}{8\nu \sqrt{\pi\nu(t-\tau)}} e^{-\frac{r^2+r_0^2+(x-x_0)^2}{4\nu(t-\tau)}} \right\}_{r+\varepsilon}^{r-\varepsilon} dx_0.
 \end{aligned}$$

ადვილია იმის შემოწმება, რომ მარჯვენა მხარის პირველი ორი წევრის ზღვარი, როცა $\varepsilon \rightarrow 0$, ნულია; ვიპოვოთ მესამე წევრის ზღვარი; აღვნიშნოთ იგი I -თი. შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\varepsilon = 2\sqrt{\nu(t-\tau)}\alpha, \quad x_0 - x = 2\sqrt{\nu(t-\tau)}\beta,$$

მაშინ

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{\varepsilon}{2\sqrt{\nu t}}}^{\frac{\infty}{2\sqrt{\nu t}}} d\alpha \int_{\frac{x_0}{\varepsilon}}^{\frac{\infty}{\varepsilon}} \left\{ r I_{p-1} \left(\frac{2r r_0 \alpha^2}{\varepsilon^2} \right) - \right. \\
 &\quad \left. - r_0 I_p \left(\frac{2r r_0 \alpha^2}{\varepsilon^2} \right) \right\} e^{-\frac{r^2+r_0^2}{\varepsilon^2} \alpha^2 - \beta^2} \frac{2\alpha V_1}{\varepsilon^2} \Big|_{r+\varepsilon}^{r-\varepsilon} d\beta.
 \end{aligned}$$

გავითვალისწინოთ ბესელის ფუნქციის ასიმპტოტური გამოსახულება და გადავიღეთ ზღვარზე; გვექნება

$$\begin{aligned}
 \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} I &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\varepsilon}{2\sqrt{\nu t}}}^{\frac{\infty}{2\sqrt{\nu t}}} d\alpha \int_{\frac{x_0}{\varepsilon}}^{\frac{\infty}{\varepsilon}} \left[\sqrt{1 - \frac{\varepsilon}{r}} V_1 \left(x + \frac{2\beta\varepsilon}{\alpha}, r - \varepsilon, t - \frac{\varepsilon^2}{4\nu\alpha^2} \right) + \right. \\
 &\quad \left. + \sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{r}} V_1 \left(x + \frac{2\beta\varepsilon}{\alpha}, r + \varepsilon, t - \frac{\varepsilon^2}{4\nu\alpha^2} \right) \right] e^{-\alpha^2 - \beta^2} d\beta = \\
 &= \frac{2}{\pi} V_1(x, r, t) \int_0^\infty e^{-\alpha^2} d\alpha \int_{-\infty}^\infty e^{-\beta^2} d\beta = V_1(x, r, t).
 \end{aligned}$$

უკანასკნელი ფორმულის მისაღებად, გამოთვლების გამარტივების მიზ-

ნით, ჩვენ ვისარგებლეთ ბესელის ფუნქციის ასიმპტოტური გამოსახულებებით მაგრამ იგივე შედეგი მიიღება, თუ ვისარგებლებთ დამოკიდებულებებით

$$\int_0^{\infty} e^{-\beta x} I_n(x) dx = \frac{1}{\sqrt{\beta^2 - 1}} \left\{ \beta - \sqrt{\beta^2 - 1} \right\}^n, \quad \beta > 1, \quad R(n) > -1.$$

მაშასადამე, (17) განტოლების კერძო ამოხსნას შემდეგი სახე ექნება:

$$V_1(x, r, t) = \int_0^t d\tau \int_0^{\infty} dx_0 \int_a^b r_0 F(x_0, r_0, \tau) H_p(x, x_0, r, r_0; t - \tau) dr_0. \quad (22)$$

მათემატიკური ფიზიკის ჩვეულებრივი მეთოდის გამოყენებით ადვილად შემოწმდება, რომ (22) მართლაც აკმაყოფილებს (17) განტოლებას, თუ F ფუნქციას აქვს პირველი რიგის უწყვეტი წარმოებულები.

შევნიშნოთ, რომ (10), (10₁) ამოცანის $U(r, t)$ ამოხსნა წარმოიდგინება (22) ფორმულის ანალოგიური ფორმულით; გრინის ფუნქციას ამ შემთხვევაში ექნება სახე

$$H(r, r_0; t) = -\frac{1}{2vt} I_0\left(\frac{rr_0}{2vt}\right) e^{-\frac{r^2 + r_0^2}{4vt}} + H^*(r, r_0; t),$$

ხოლო $F = a$.

4. ვისარგებლოთ დ. დოლიძის [2] შრომით. მაშინ H_p ფუნქციის საშუალებით w^* შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ:

$$w^*(x, r, t) = \int_0^t d\tau \int_0^{\infty} dx_0 \int_a^b r_0 U w_{x_0}^* H_1(x, x_0, r, r_0; t - \tau) dr_0 + W(x, r, t), \quad (23)$$

სადაც W ამოხსნა (14) განტოლებისა, მოცემული ზღვრული პირობებით, როცა $p=1$, $F=0$.

უკანასკნელი გამოსახულება აკმაყოფილებს ამოცანაში მოთხოვნილ ყველა პირობას, მაგრამ მარჯვენა მხარეში ინტეგრალის ნიშნის ქვეშ დგას უცნობი ფუნქციის წარმოებულები, რომლის მოსაძებნად შევნიშნოთ, რომ მარჯვენა მხარეში მდგომი ინტეგრალი შეგვიძლია გავაწარმოთ ერთხელ x -ით ინტეგრალის ნიშნის ქვეშ; გვექნება

$$w_x^* = \int_0^t d\tau \int_0^{\infty} dx_0 \int_a^b r_0 U w_{x_0}^* \frac{\partial H_1}{\partial x} dr_0 + W_x; \quad (24)$$

ეს კი წარმოადგენს მეორე გვარის წრფივ ინტეგრალურ განტოლებას w_x^* -თვის.

(24)-ის ორივე მხარე გავამრავლოთ r -ზე და მის ნაცვლად განვიხილოთ განტოლება λ პარამეტრით, გვექნება

$$\Phi(x, r, t) = \lambda \int_0^t d\tau \int_0^b dx_0 \int_a^b r U \Phi(x_0, r_0, \tau) \frac{\partial H_1}{\partial x} dr_0 + r W_2;$$

Φ წარმოვადგინოთ მწკრივის სახით

$$\Phi = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k \Phi_k, \quad (25)$$

სადაც Φ_k -თვის გვექნება ცნობილი რეკურენტული ფორმულები.

განვიხილოთ კრებადობის საკითხი. შევნიშნოთ, რომ ყოველი $a \leq r \leq b$, $t > 0$ -თვის

$$\frac{1}{2vt} \int_a^b \left| r I_1 \left(\frac{rr_0}{2vt} \right) e^{-\frac{r^2+r_0^2}{4vt}} \right| dr_0 < C,$$

მაშინ ადვილია იმის შემოწმება, რომ ყოველი სასრული t -თვის, $a \leq r \leq b$ და $x > 0$ -სათვის, არსებობს ისეთი დადებითი მუდმივები M, N, L , რომ

$$\int_0^{\infty} dx_0 \int_a^b r V \sqrt{t-\tau} \left| \frac{\partial H_1}{\partial x} \right| dr_0 < M, \quad |U| < N, \quad |r W_2| < L.$$

(25) მწკრივის მაქორანტის ორი ნომდევნო წევრის შეფარდება, როცა $\lambda = 1$, იქნება

$$MN V \sqrt{t} \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{k}{2} + 1\right)}{\Gamma\left(\frac{k+1}{2} + 1\right)},$$

რაც მიისწრაფვის ნულისაკენ, როცა $k \rightarrow \infty$ და $0 \leq t < \infty$. ამგვარად, (25) მწკრივი აბსოლუტურად და თანაბრად კრებალია $0 < x \leq \infty$, $a \leq r \leq b$ არეში.

ადვილად შეიძლება იმის ჩვენება, რომ w^* კრება უსასრულობაში ($x \rightarrow \infty$) ნებისმიერი სასრული დადებითი t -თვის [2].

თუ გადავალთ ზღვარზე, როცა $a \rightarrow 0$, მივიღებთ ცილინდრულ მილში დინების შემთხვევას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გამოთვლითი ცენტრი

(რედაქციას მოუვიდა 24.3.1959)

დავმოწმებული ლიტერატურა

1. L. Collatz und H. Görtler. Rohrströmung mit schwachen Drall. Z. angew. Math. und Physik, 5, № 2, 1954.
2. Д. Е. Долидзе. Нестационарное течение вязкой жидкости в полупространстве с пористой границей. Труды Тбилиз. государств. университета им. Сталина, т. 64, 1957.
3. H. Wundt. Abklingen eines schwachen Dralls in der Längsströmung zwischen koaxialen Kreiszyllindern. Z. angew. Math. und Physik, 5, № 3, 1954.
4. Э. Грей и Г. Б. Мэтюз. Функции Бесселя и их приложения к физике и механике. 1953.

ჰიდრომეტალოგია

ლ. ილიზაროვა

 ფსკერული ჰიდრაგლიკური ნახტომის კინემატიკური
 მახასიათებლების მსპარკიმენტული გამოკვლევა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრიევა 16.11.1959)

ჰიდრაგლიკური ნახტომის კინემატიკური მახასიათებლების გამოკვლევის დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან ამ გამოკვლევების შედეგები გააღრმავებენ და გააფართოებენ ჩვენს ცოდნას ნახტომის შესახებ და დაგვეხმარება მეტი სიზუსტე შევიტანოთ შეუღლებული ნაგებობების ანგარიშში. ჰიდრაგლიკურ ნახტომში და ჰაელურ დინებაში მოძრაობათა შექანიზმების მსგავსების მდგომარეობის (იხ. [1, 2]) გამოკვლევის მიზნით, ვინტერის სახელობის თბილისის ნაგებობათა და ჰიდროენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის ჰიდრაგლიკურ ლაბორატორიაში ჩვენ ჩავატარეთ ექსპერიმენტების მცირე სერია. ჩვენი მიზანი იყო გამოვვეჭლავებოდა იმ სიჩქარეთა უნივერსალური გრაფიკების სერიის აგების შესაძლებლობა, რომლებიც დადასტურებენ ჰიდრაგლიკური ნახტომის ყველა კვეთში სიჩქარეთა ველების მსგავსებას; ეს კი ნიშნავს, რომ ნებისმიერი კვეთის მსგავს წერტილებში სიჩქარის თარღობითი მნიშვნელობა ერთნაირია.

გამოკვლევული უნივერსალური მახასიათებლებიდან პირველად მიღებულ იქნა გრაფიკი

$$\frac{u}{u_0} = f\left(\frac{y}{y_{u_0}}\right), \quad (1)$$

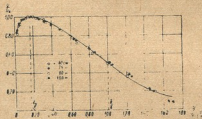
რომელიც ასახავს სიჩქარეთა ველებს უგანზომილებო კოორდინატებში. აქ u არის საშუალო სიჩქარე მოცემულ წერტილში გასაშუალოებული დროით, u_0 — აგრეთვე გასაშუალოებული დროის მიხედვით მაქსიმალური სიჩქარე მოცემულ კვეთში, y — მანძილი მოცემული წერტილიდან ჰავლის ღერძამდე, y_{u_0} — მანძილი ჰავლის ღერძამდე იმ წერტილიდან, რომელშიც სიჩქარე უდრის მოცემულ კვეთში მაქსიმუმის ნახევარს. y_{u_0} აიღება დამახასიათებელი

სიგრძის მიხედვით.

სიჩქარეთა განაწილების უნივერსალურმა გრაფიკმა (1), რომელიც თავისუფალი ჰავლის სიჩქარეთა ველებს ახასიათებს, დადასტურება მიიღო ბრტყელი ტურბულენტური ჰავლის შემთხვევაშიც, რომელიც ვრცელდება ქვემოდან სიბრტყით შემოსახლდრულ უძრავ სითხეში [3].

ამრიგად, მყარი კედლის არსებობა არ არღვევს ჰავლის გაფართოების კანონებს. ამიტომ აქ ადგილი აქვს მოცემული კვეთის საზღვრებში შერევის გზების მუდმივობას და მის წრფივ დამოკიდებულებას ზღვრულ კოორდინა-

ტებისაგან $I = \epsilon x$. ვინაიდან მყარი კედელი თავის მხრივ გავლენას უშუალოდ კედლის შემგები სითხის ფენებში დაიკვირვება დინების რეჟიმი, რომელიც ახასიათებს ერთგვაროვანი ნაკადის ბრტყელი ფირფიტის გასწვრივ მოძრაობის შემთხვევას. ამის გამო მოძრაობის მთელი უბნისათვის სიჩქარეთა პროფილს აქვს რთული სახე: ფსკერიდან იმ წერტილამდე, რომელშიაც სიჩქარე მაქსიმალურია, დაიკვირვება სიჩქარის ცვლილება ხარისხობრივი კანონით (შიგა უბანი $0 \leq y \leq \delta_0$), გარე უბანში კი (სიჩქარის პროფილზე გადალუწვის წერტილის შემდეგ) — ბრტყელი ტურბულენტური ჭავლის პროფილია. სიჩქარეებისა და ხახუნის უნივერსალური პროფილების მრუდების თხახის სახით წარმოდგენით ნ. აკატნოვმა [3] მიიღო გადაწყვეტა, რომელიც კარგად ეთანხმება ექსპერიმენტს. თეორიული მრუდისა და ცდის შედეგების დაპირისპირება მოყვანილია ნახ. 1-ზე, რომელიც აღებულია მითითებული შრომიდან.



ნახ. 1

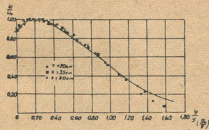
მოცემული ჰიდრავლიკური ნახტომი გამოკვლეულ იქნა ნახტომის დასაწყისიდან 3 მ სიგრძის მქონე ხის ღარში. ღარის სიგანეა 19,8 სმ, გვერდითი ზედაპირის სიმაღლე — 60 სმ. სითხის მიყვანა ხორციელდება 1 მ სიგრძის მქონე ღარის დახრილი უბნის შემწეობით. ამ უბანზე ფსკერს აქვს ქანობა $\epsilon = 0,30$. ნახტომის კრიტიკული მდგომარეობის მიღება მოწმდებოდა ღარის ბოლოში დაყენებული ფართი, ამასთან ნახტომის დასაწყისი თავსდება დანადგარის ფსკერის $\epsilon > 0$ -დან $\epsilon = 0$ -კენ გადასვლის ადგილას.

ასეთი სასაზღვრო პირობების დროს განხორციელებულ იქნა ცდების (I—V) ნაწილი — A სერია. VI—VII ცდები ჩატარებულ იქნა ფარის ქვემოდან გამოდინების დროს (სერია B), რაც განხორციელებულ იქნა დამატებითი ფარის საშუალებით ფსკერის დახრის $\epsilon > 0$ -დან $\epsilon = 0$ -კენ გადალუწვის ადგილზე. სიჩქარეები იცვლებოდნენ ღარის ღერძულ ვერტიკალზე პიტონს მილით ყოველ 2—3 მმ ქვედა ზონაში და 5—10 მმ დანარჩენ სიმაღლეზე.

ცდების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ სრულყოფილი ფსკერული ჰიდრავლიკური ნახტომის დროსაც არსებობს (1) სახის დამოკიდებულება. ნახ. 2-ზე მოყვანილია A სერიის ერთ-ერთი ცდათაგანი (ცდა III). ნახ. 1 (თეორიული მრუდი) მოწმობს, რომ ამ დამოკიდებულების დამთხვევის ხარისხი სრულყოფილი ფსკერული ჰიდრავლიკური ნახტომის დროსაც დიდია, რაც ამ სახის დინებაში წარმოადგენს სიჩქარეთა ველის უნივერსალობის კანონის ცდის საშუალებით პირველ დამტკიცებას და ჰიდრავლიკურ ნახტომში თავისუფალი ტურბულენტობის არსებობის დადასტურებას.

ეს შედეგი უფლებას გვაძლევს შევეუდგეთ იზოტახის ფორმისა და სასაზღვრო ფენის ღერძის მდგომარეობის გამოკვლევას. რამდენადაც უნივერსალობა

გულისხმობს გარკვეული კანონზომიერების არსებობას სასაზღვრო ფენის სისქის გაზრდაში და აგრეთვე მსგავს წერტილებში სიჩქარეთა უკანზომილებო



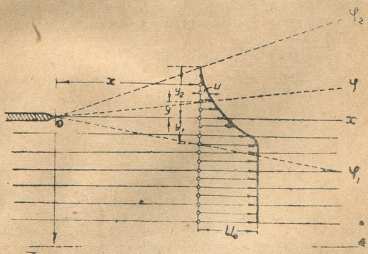
ნახ. 2

სიდიდეების იდენტურობას, სასაზღვრო ფენის ღერძის მდგომარეობის გამოსაკვლივად უნდა აიგოს დამოკიდებულებების გრაფიკი

$$\frac{u}{u_m} = f\left(\frac{y}{x}\right), \tag{2}$$

სადაც

- u სიჩქარეა მოცემულ წერტილში,
- u_m სიჩქარის სიდიდეა ჰაერის შესაბამისი კვეთის ცენტრში,
- y მანძილია მოცემული წერტილიდან სასაზღვრო ფენის ღერძამდე,
- x სიგრძეა კოორდინატა, ათელილი საქშენის გამოსასვლელი კვითიდან.



ნახ. 3

სასაზღვრო ფენის ღერძის მდგომარეობის განსაზღვრისას სრულყოფილ ფსკერულ ჰიდრაულიკურ ნახტომში ჩვენ გამოვიდითიით შემდეგი მდგომარეობიდან.



1. თავისუფალი ტურბულენტური ქავლის სასაზღვრო ფენის ღრმადი და გაყოფის ზედაპირის წარმოქმნის ადგილას, ე. ი. საქშენის გამოსავალ კიდესთან [4] (იხ. ნახ. 3);

2. გაყოფის ზედაპირის ყველა წერტილში სიჩქარე ტოლია შეუშფოთებული ნაკადის სიჩქარისა ($u = u_1$); ამრიგად, იგი განსაზღვრავს მუდმივი სიჩქარეების ზონის საზღვარს და დახრილია მიახლოებით $\alpha = 5^\circ$ კუთხით სასაზღვრო ფენას ღრმთან. y_1 წარმოადგენს ამ საზღვრის ორდინატას, y_2 — მოსაზღვრე ფენის გარეშე საზღვრის ორდინატას (ხაზი $\bar{u} = 0$);

3. მოსაზღვრე ფენის ჩასახვა ჰიდრაულიკურ ნახტომში უნდა მოხდეს გადატანილი ქავლის კონტაქტისა და ნახტომის დასაწყისის რგოლის ადგილზე. ამიტომ მოსაზღვრე ფენის ღრმი ჰიდრაულიკურ ნახტომში უნდა იწყებოდეს ამ წერტილში;

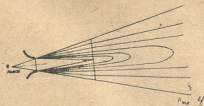
4. იზოტახის ფორმა დამოკიდებულია როგორც უგანზომილებო სიჩქარის განსაზღვრის წესზე, ასევე იმაზე, რომ ეს განსაზღვრა ხდება ქავლის საწყის თუ ძირითად უბანზე [4].

საწყისი უბნის იზოტახი ერთი და იგივეა, როგორც აბსოლუტური (u), ისე უგანზომილებო სიჩქარეებისათვის, რომლებიც წარმოადგენენ ადგილობრივი სიჩქარისა და ქავლის ღრმზე სიჩქარის ფარდობას, რადგანაც საწყისი უბნის საზღვრებში ქავლის ღრმზე სიჩქარე საქშენიდან გამოდინების სიჩქარის

$\left(\frac{u}{u_1}\right)$ ტოლია.

ძირითადი უბნის ფარგლებში და ქავლის ღრმზე სიჩქარე (u_{max}) განუწყვეტლივ მცირდება მოძრაობის მიმართულებით. ამიტომ თავისუფალი ქავლის ძირითად უბანში იზოტახები უგანზომილებო სიჩქარეებისათვის, რომლებიც მიღებულია ადგილობრივი სიჩქარეების გაყოფით საქშენიდან გამოდინების

სიჩქარეზე $\left(\frac{u}{u_1}\right)$, აგრეთვე აბსოლუტური სიჩქარეებისათვის (u), წარმოქმნიან ე. წ. „ფაკელს“ (იხ. ნახ. 4). ხოლო იმ უგანზომილებო სიჩქარეებისა-



ნახ. 4

თვის, რომლებიც მიიღება შესაბამისი განივკვეთების ცენტრებში სიჩქარეთა სიდიდებზე გაყოფით $\left(\frac{u}{u_{max}}\right)$, წარმოიქმნება სწორი ხაზები. ეს უკანასკნელნი იკრიბებიან ქავლის პოლუსში. როგორც აღვნიშნეთ, ეს შედეგები გამოდინარეობს იქიდან, რომ აღნიშნული უგანზომილებო სიჩქარე დამოკი-

დებულა მხოლოდ ჰაელის განიკვეთში წერტილის თარღობით მდგომარეობაზე.

აღნიშნულის საფუძველზე ვასკენით, რომ სრულოყოფილი ჰიდრავლიკური ფსკერული ნახტომისათვის მიზანშეწონილია ავავათ შემდეგი სახის უნივერსალური დამოკიდებულება

$$\frac{u}{u_1} = f\left(\frac{y}{x}\right), \quad (2)$$

რადგანაც ჩვენთვის წინასწარ არაა ცნობილი მოსაზღვრე ფენის ღერძის მდგომარეობა და ამის გამო სიჩქარეც ამ ღერძზე განხილული ცდების შედეგების გადამუშავებამ ამ მიმართულებით მოგიცა შემდეგი: (2) ტიპის დამოკიდებულებები, აგებულნი ცალკეული სრულყოფილი ფსკერული ნახტომებისათვის, წინაცვლებულნი არიან ერთმანეთისადმი ჰორიზონტალზე, საჭიროა დავასკენათ, რომ, თუ კოორდინატთა სათავეში (სათავედ მიღებულია ნახტომის ღასაწყისში გადატანილი ჰაელისა და რგოლის შეერთების ადგილი) გამავალი სასაზღვრო ფენის ღერძი ჰორიზონტალურია, (2) დამოკიდებულების თანახმად, ყველა წერტილი მოთავსდება ერთ მრუდზე ყველა კვეთისათვის, როგორც ამას ადგილი აქვს ჰაელურ კვეთებში, ე. ი. სასაზღვრო ფენის ღერძი განხილული ნახტომის დროს არ არის ჰორიზონტალური. ღერძის წერტილთა კოორდინატები აღებულ კვეთებში განსაზღვრულ იქნენ ყოველი მომდევნო კვეთისათვის მრუდის წინაცვლებით, ვიდრე იგი არ დაედება მრუდის პირველ კვეთს. ამავე დროს, სასაზღვრო ფენაში მოძრაობის მექანიზმის შესახებ არსებული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, დაშვებულ იქნა, რომ გამოდინების უახლოეს კვეთში ღერძი განიცდის უმცირეს გამრუდებას.

ამ აგების გამოყენებით მიღებულ იქნა პირველი მიახლოებითი სასაზღვრო ფენის ღერძის ფორმა და ამ ღერძის მიმართ აღებულ იქნა ანათვლები

$\frac{y}{x}$ იზოტახების ასაგებად. მაგრამ დაგვიკირდა მეორე მიახლოება, რადგან დაშვება იმისა, რომ გამოდინების უახლოეს კვეთში ღერძის ნიშნული h' უდრის, არ არის ზუსტი; ღერძის ნიშნული შემცირებული იყო $\sim \frac{1}{3}$ -ით პირველ და მეორე კვეთების ღერძთა ნიშნულების სხვაობასთან შედარებით (პირველი მიახლოებით).

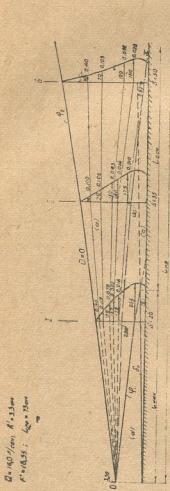
ნახ. 5 ზე მოყვანილია A სერიის ერთ-ერთი ცდის (ცდა III) შედეგები, სადაც იზოტახები აგებულია აბსოლუტური სიჩქარეების (u) მიხედვით. აქ სასაზღვრო ფენის ღერძი მიმართულია ჩაღუნული ზედაპირით ფსკერიდან

ზევით და მას აქვს მნიშვნელოვანი სიმრუდე. სიდიდეები $\frac{y}{x}$, რომლებიც მოყვანილია შესაბამისი ეპიურის მარჯვნივ და გამოთვლილია მოსაზღვრე ფენის ax ღერძის სწორხაზობრივი გაშლის მიმართ, ოდნავ მცირდება მობრაობის მიმართულებით. ეს შემცირება უფრო შესამჩნევია ax ღერძის მახლობლად განლაგებულ იზოტახებისათვის. ყველაფერ ამას მიყვავართ ფაქტლის ფორმამდე. სასურველია მიღებული სურათი შევადაროთ იზოტახის ფორმას ნახ. 4-ის ზედა ნახევარში.



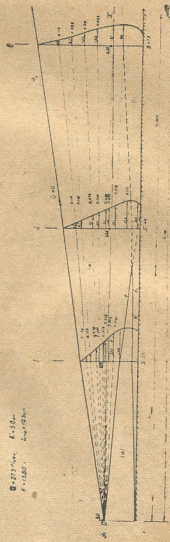
სასაზღვრო ფენის ღერძის მდგომარეობის განსაზღვრამ ნ სერიის ცდები-სათვის (გამოდინება ფარის ქვევიდან) გვიჩვენა შემდეგი: ასეთი სახის გამო-დინებისათვის მოსაზღვრე ფენის ღერძს აქვს მცირე სიმრუდე და მიმართულია ჩალუნული ზედაპირით ქვევით.

ნახ. 6-ზე მოცემულია VI ცდის შედეგები.



$Q = 140 \text{ l/min}$, $K = 1.3 \text{ m}$
 $r = 0.35$, $L = 0.50 \text{ m}$

ნახ. 5



$Q = 275 \text{ l/min}$, $K = 1.0 \text{ m}$
 $r = 0.30$, $L = 0.50 \text{ m}$

ნახ. 6

III, VI და დანარჩენი ცდების შედეგების განხილვას მიეყვართ დასკვნამდე, რომ თავისუფალი ტურბულენტური ჰავლის განსხვავებულ კვეთებში მოსაზღვრე ფენის ღერძის მდგომარეობა სრულყოფილი ფსკერული პირობებზე, რომლებიც ქმნიან ნაკადის დინამიკური ღერძის გამრუდებას. ეს არ შეიძლება

წაითვალოს ნაკადის გაფართოების საერთო მიმართულებაზე დამოკიდებულე-
 ბად. ხაზი $\delta_0 = f(x)$, გატარებული φ_1 სიჩქარის ეპიურის გადაღუნვის წერ-
 ტილებზე, როგორც კედელთან მდებარე სასაზღვრო ფენის საზღვრის განსაზღ-
 ვრელი, გვხვდება მოსაზღვრე ტურბულენტური ფენის ზოგიერთ წერტილში
 შიგა სასაზღვრო ზედაპირით. ამ წერტილში იწყება ინტერფერენცია თავი-
 სუფალი ტურბულენტური ჭავლის სასაზღვრო (ზონა „ა“) ფენისა, რომელიც
 წარმოიქმნება ბრტყელი ფირფიტის გასწვრივ — განსახილველ შემთხვევაში
 ფსიქურის გასწვრივ (ზონა „ბ“). ასეთი „დადებული“ სასაზღვრო ფენის (ზონა
 „ც“) ფარგლებში შემჩნეულია გადახვევა ამ კანონიდან, რომლებიც ახასიათებს
 თავისუფალი ტურბულენტური ჭავლის სასაზღვრო ფენის სიჩქარეთა ეპიუ-
 რებს. იმ ნაკადის უბანი (ზონა „ა“), რომელიც ზევიდან შემოსაზღვრულია
 მოსაზღვრე ზედაპირით φ_1 , ქვემოდან — კედლის მახლობელ სასაზღვრო ფენის
 ზრდადი ფსიქურული ზონით, წარმოადგენს სრულყოფილი ფსიქურული ჰიდრაგ-
 ელიკური ნახტომის შეუშფოთებელი ნაკადის უბანს.

დასკვნა

სრულყოფილი ფსიქურული ჰიდრაგელიკური ნახტომი მოძრაობის მექანიზ-
 მის მხრივ საჭიროა მიეკუთვნოს ქვემოდან ეკრანირებულ ბრტყელ თავისუფალ
 ტურბულენტურ ჭავლებს.

ამ განსაზღვრის დასაბუთებას წარმოადგენს სიჩქარის უნივერსალური
 ეპიურის არსებობა, რომელიც აიწერება დამოკიდებულებით

$$\frac{u}{u_0} = f\left(\frac{y}{y_{u_0}}\right)$$

და

$$\frac{u}{u_1} = f\left(\frac{y}{x}\right)$$

და სამართლიანია თავისუფალი ტურბულენტური ჭავლის სასაზღვრო ფენი-
 სათვის.

ხელსაწყოთა მშენებლობისა და
 ავტომატიზაციის საშუალებათა
 თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი
 ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 16.11.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ლ. ი. ილიზაროვა. К выбору конструкции сопрягающего сооружения плотины на скальном основании. Труды ГрузНИИГиМ, вып. 18—19, Тбилиси, 1957.
2. ი. ლ. ილიზაროვა. О геометрических и кинематических характеристиках гидравлического прыжка. Труды ГрузНИИГиМ, вып. 20, Тбилиси, 1958.
3. Н. И. Акатнов. О распространении плоской турбулентной струи вдоль твердой стенки. Труды Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина, 198, Машгиз, 1958.
4. Г. Н. Абрамович. Турбулентные свободные струи жидкостей и газов. Госэнергоиздат, Москва—Ленинград, 1948.

6. საჯარო და მ. გომეზაძე

 ძიმიურ ანალიზში დიოქსიმიმალეინის მუშავს გამომყენების
საკითხისათვის

(წარბაადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 3.4.1959)

ცნობილია ის მნიშვნელობა, რომელიც ანალიზურ ქიმიასში ორგანული რეაქტივების გამოყენებას გააჩნია [1, 2]. ამ მხრივ დიოქსიმიმალეინის მუშავა, როგორც აღმდგენელ თვისებათა მატარებელი ნაერთი, განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს. მიუხედავად ამისა, ხსენებული მუშავა მისი ქიმიურ ანალიზში გამოყენების თვალთახედვით ნაკლებად შესწავლილია.

ლიტერატურული მონაცემების თანახმად [4, 5, 6], დიოქსიმიმალეინის მუშავს ოდენობრივი განსაზღვრისათვის ოთხქლორიან ტიტანს იყენებენ. ერთ-ერთი ჩვენთაგანის მიერ [3] წინათ გამოქვეყნებულ შრომაში ნაჩვენებია იყო დიოქსიმიმალეინის მუშავს გამოყენების შესაძლებლობანი მოლიბდატიონის თვისობითი და ოდენობითი განსაზღვრისათვის.

წინამდებარე შრომის მიზანს დიოქსიმიმალეინის მუშავს ოდენობრივი განსაზღვრისათვის ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლიატის გამოყენება და ხსენებული მუშავს საშუალებით ვერცხლის სინდიყისა და მოლიბდატიონთა აღმოჩენისათვის წვეთური ანალიზის მეთოდის შემუშავება შეადგენდა [7, 8].

ექსპერიმენტული ნაწილი

0,282 გ ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლიატის 600 მლ წყალში ვხსნიდით, ბუფერული ხსნარის ($P_{H} = 6,5-7$) 300 მლ ვუმატებდით და საერთო მოცულობა წყლით ერთ ლიტრამდე ავყავადა, ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლიატის ხსნარის ტიტრს 0,201 მლ ნორმალობის მორის მარილის ხსნარით ვადგენდით. ამასთანვე საკვლე ხსნარს 100 მლ მეთუნ-მუშავს ნაჯერ ხსნარს ვუმატებდით. ბუფერული ხსნარის დასამზადებლად ცალ-ცალკე ვხსნიდით 0,9078 გ KH_2PO_4 -ს, 11,867 გ NaH_2PO_4 -ს და ხსნარებს ერთმანეთს ვურევდით შეფარდებით 4:6.

ანალიზისათვის დიოქსიმიმალეინის მუშავს ცენტინორმალური ხსნარი ავიდეთ, რომელიც ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლიატის ხსნარით იტიტრებოდა. თხუთმეტი განსაზღვრის შედეგებში იმ დასკვნამდე მივიყვანა, რომ ამდაგვარი ანალიზის დროს ცდომილების ზღვარი 3,6%-ს არ აღემატება.

ვერცხლის იონის აღმოჩენა. აზოტმუშავს ვერცხლის ერთ წვეთს ფილტრის ქალაღზე ვაწვეთებდით და ზედვე ვამატებდით დიოქსიმიმალეინის მუშავს ცენტრომალური ხსნარის ერთ წვეთს. ამ დროს ადგილი ჰქონდა მუქი ლაქის თანდათანობით წარმოქმნას. მუქი ლაქის წარმოქმნა თითქმის მომენტალურად მიდის, თუ ფილტრის ქალაღზე აზოტმუშავა ვერცხლის ხსნარის ერთ წვეთს ჯერ დაეუმატებთ ერთ წვეთ ამიაკის ხსნარს და შემდეგ დიოქსიმიმალეინის მუშავს ცენტინორმალური ხსნარის ერთ წვეთს. მეთოდის მგებლობა არაა $1:5 \times 10^5$ განზავებისას 0,1—2 მიკროგრამს შეადგენს. განსაზღვრას ხელს უშლის ხსნარში სინდიყისა და ბისმუტის იონთა თანაარსებობა.



სინდიკის იონის აღმოჩენა. ორვალენტოვანი აზოტმკევა სინდიკის განზავებული ხსნარის ერთ წვეთზე ფილტრის ქალაღზე ვაწვეთებდით 2 ან 3 წვეთს დიოქსიმალეინის მკევას ცენტინორმალურ ხსნარისას. რამდენიმე სექუნდის შემდეგ ადგილი ჰქონდა თეთრი ნალექის წარმოქმნას, რომლის ფერი თანდათან ნაცრის ფერში და ბოლოს შავ ფერში გადადიოდა. შავი ლაქის წარმოქმნას სწრაფად ჰქონდა ადგილი, როდესაც ფილტრის ქალაღზე აზოტმკევა სინდიკის წვეთზე 2—3 წვეთი დიოქსიმალეინის მკევას ცენტინორმალური ხსნარის დამატების შემდეგ ვუმატებდით ამონიაკის ერთ წვეთს. მეთოდის მგრძობიარობა— $1:5 \times 10^6$ განზავების პირობებში ერთი მიკროგრამი. ხელშეშლელ ფაქტორებად გვევლინებოდა ხსნარში ბისმუტის ან ვერცხლის იონების თანაარსებობა.

მოლიბდატიონის აღმოჩენა. ამონიუმის მოლიბდატის ცენტინორმალური ხსნარის ერთ წვეთს ფილტრის ქალაღზე ემატებოდა დიოქსიმალეინის მკევას ერთი წვეთი. ადგილი ჰქონდა დამახასიათებელი ყვითელი ფერის ლაქის წარმოქმნას. ამ ლაქის წარმოქმნას ადგილი ჰქონდა თითქმის მომენტალურად, როდესაც საკვლევი ხსნარის წვეთს ფილტრის ქალაღზე ჯერ ვუმატებდით განზავებულ გოგირდმკევას ერთ წვეთს და შემდეგ ერთ წვეთს დიოქსიმალეინის მკევას ცენტინორმალური ხსნარისას. მეთოდის მგრძობიარობა—ერთი მიკროგრამი $1:5 \times 10^6$ განზავების პირობებში.

შესაძლებელია ხსნარის მწვანე შეფერვაც მივიღოთ, თუ საკვლევი სინჯის ერთ წვეთს საათის მინაზე დავემატებთ კონცენტრირებულ გოგირდმკევას ერთ წვეთს და ცენტინორმალური დიოქსიმალეინის მკევას ერთ წვეთს. წარმოქმნილი მწვანე შეფერვა თანდათანობით ლურჯ ფერში გადადის. მეთოდის მგრძობიარობა იგივეა.

დასკვნა

1. გამომუშავებულია დიოქსიმალეინის მკევას ნატრიუმის 2,6-დიოქსიფენოლინდოფენოლიატის ხსნარით გატიტვრით ოდენობითი განსაზღვრის მეთოდი.

2. ნაპოვნია, რომ დიოქსიმალეინის მკევა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ვერცხლის, სინდიკისა და მოლიბდატიონთა წვეთური მეთოდით აღმოსაჩენად.

პუშკინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.4.1959)

დაბეჭდილი ლიტერატურა

1. В. И. Кузнецов. Приемы отыскания цветных реакций. Журнал аналитической химии, № 2, 1947, стр. 67.
2. Л. М. Кульберг. Органические реактивы в аналитической химии. 1953.
3. Н. Д. Саджая и Л. Петрузашвили. Труды Тбилисского Государственного педагогического Института им. А. С. Пушкина, т. X, 1956, стр. 611.
4. F. A. Woodman, L. Cagvau I. Am. Ch. Soc. 23, 1901, 105.
5. H. Feuton. Groc. Chem. Soc. 24, 1908, 133.
6. U. Mellor. Eraus Ceram. Soc. England 12, 1913, 33.
7. Н. А. Тананаев. Капельный анализ. Госхимизд., 1954.
8. Ф. Фаигль. Капельный анализ. ОНТИ, 1937.

6. მზარეულივანილი

იონგაცვლითი ფისების გამოცლა ქრომიანი ელემენტოლიტის
რკინის მინარევისაგან გასაწმენდად

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 26.6.1959)

ფეროქრომის ბაზაზე ელექტროლიტური ქრომისა და მისი ნაერთების წარმოებისათვის ერთ-ერთ ძირითად საკითხს წარმოადგენს ქრომიანი ელექტროლიტის რკინის მინარევისაგან გაწმენდა.

აღრე ჩატარებულ შრომაში [1] წილადური კრისტალიზაციის მეთოდით დადგინდა ქრომისა და რკინის სულფატების დაცილების ოპტიმალური პირობები. მაგრამ ასეთი წესით მიღებული ქრომ-ამონიუმის შაბი ნაწილობრივ წარიტაცებს ღედობრივ ხსნარს, რომელიც რკინა-ამონიუმის შაბის კრისტალიზაციის შემდეგ დარჩენილი რკინის სულფატის სტაბილურ რაოდენობას შეიცავს.

პრაქტიკაში ელექტროლიტების მინარევისაგან სრული გაწმენდისათვის ხშირად სარგებლობენ ფორ-ელექტროლიტით.

წინამდებარე შრომის მიზანს წარმოადგენდა რკინის მინარევისაგან ქრომიანი ელექტროლიტის უფრო სრული გაწმენდისათვის იონგაცვლითი ფისების გამოყენების შესაძლებლობის შესწავლა.

ცდები ჩატარდა ხსნარებზე, რომლებიც შეიცავენ ქრომს 69,2 გ/ლ და რკინას არა უმეტეს 0,3 გ/ლ რაოდენობით.

კვლევა წარმოებდა კათიონიტებზე KV-1, KV-2, KB-4 და KB-4-II2.

გამოცდის წინ იონიტები წინასწარ ქიმიურად მუშავდებოდა, რათა ჩამოცილებულიყო ორგანული და არაორგანული წარმოშობის შემთხვევითი მინარევები, რომლებსაც ტექნიკური პროდუქტები ყოველთვის შეიცავენ.

კათიონიტების წინასწარი დამუშავება შემდეგი წესით წარმოებდა: ტექნიკური კათიონიტი 3—4 საათის განმავლობაში მუშავდებოდა 5% მწვავე ნატრიუმის ხსნარით. ტუტით დამუშავების შემდეგ კათიონიტი ირეცხებოდა გამოხდილი წყლით და შემდეგ მარილმკვავითი რკინის იონების სრულ მოსპობამდე.

მკვებით დამუშავების შემდეგ კათიონიტი გულდასმით ირეცხებოდა გამოსდილი წყლით ფილტრატში ქლორიონების სრულ მოცილებამდე.

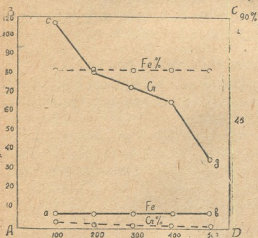
გამოსაცდელად H კათიონიტს გაჯირჯვებულ მდგომარეობაში 25 მლ მოცულობით ვათავსებდით 500 მმ სიმაღლისა და 12 მმ დიამეტრის სვეტში, რომლის ბოლო ჩადგმული იყო კონუსური კოლბის ყელში. იონიტის ფენაში

ელექტროლიტის გასვლის სისწრაფის რეგულირება სვეტის ონკანის საშუალებით ხდებოდა. იონიტების გაცვლითი ტევადობის გამოცდა დინამიკური პირობებში წარმოებდა.

კათიონიტში ხსნარის გატარების სისწრაფე შეადგენდა 5 მლ/წ.

კათიონიტების გაცვლითი უნარიანობის დადგენა ხდებოდა ელექტროლიტში ქრომისა და რკინის რაოდენობის განსაზღვრით ხსნარის იონიტში გატარებამდე და მის შემდეგ.

ქრომის განსაზღვრა წარმოებდა ბლიუშმას მეთოდით [2].



ნახ. 1. რკინისა და ქრომის იონების შთანთქმა KY-1 კათიონიტით:

- AB—რკინისა და ქრომის შთანთქმა მგ/კგ
- CD—რკინისა და ქრომის შთანთქმა %---
- AD—ფილტრატის მოცულობა მლ-ით

ლობა გვიჩვენებს, რომ ქრომიონების გაცვლა მყისვე წარმოებს, „გასხლტომა“ და სრული გაჯერება ერთდროულად ხდება.

ახ სწორი რკინის იონებისათვის გვიჩვენებს დინამიკური გაცვლითი ტევადობის ხასიათს „გასხლტომამდე“, ანუ მთლიან გაჯერებამდე: ხსნარში რჩება რკინის მინიმალური რაოდენობა (0,1 გ/ლ), რომელიც მიღებული ელექტროლიტური ქრომის სისუფთავეზე არ ახდენს გავლენას. მოცემულ პირობებში ქრომის შთანთქმის მაქსიმალური სიდიდე 2,9% არ აღემატება, მაშინ როდესაც რკინის შთანთქმა ყველა შემთხვევაში 68,8% აღწევს.

KY-2 კათიონიტის გამოცდის შედეგები გრაფიკულად გამოხატულია ნახ. 2-ზე. რკინისა და ქრომის იონების შთანთქმის სიდიდე გამოისახებოდა მგ/კგ. 11,2 გ მშრალ კათიონიტზე.

ახ და აგ მრუდების ხასიათი წინა შემთხვევის ანალოგიურია, ე. ი. გაცვლა Cr და H იონებს შორის მყისვე ხდება, „გასხლტომა“ და სრული გაჯერება ერთდროულად წარმოებს. ახ სწორი გვიჩვენებს, რომ რკინის იონების შთანთქმის სიდიდე ქრომიონების „გასხლტომის“ შემდეგაც მუდმივ

ელექტროლიტში რკინის რაოდენობა ისაზღვრებოდა კოლორიმეტრული მეთოდით სულფოსალიცილის მყავას საშუალებით [3]. ქრომიანი ელექტროლიტის KY-1 კათიონიტით რკინისაგან გაწმენდის ცდების შედეგები გრაფიკულად გამოხატულია ნახ. 1-ზე.

რკინისა და ქრომის იონების შთანთქმის სიდიდე გამოისახებოდა მგ/კგ 6,2 გ მშრალ კათიონიტზე გადათვლით.

ახ და აგ მრუდების ხასიათი განსაზღვრავს რკინისა და ქრომის იონების გაცვლითი პროცესის კინეტიკას. აგ მრუდის მსვლე-

რჩება. ქრომის შთანთქმის მაქსიმალური სიდიდე 8,8% აღწევს, მაშინ როდესაც რკინის შთანთქმა ყველა შემთხვევაში ისევ 68,8% შეადგენს.

ამგვარად, KV-1 და KV-2 კათიონიტების მიერ რკინის იონების შთანთქმის სიდიდე ერთნაირია. KV-1 კათიონიტის უპირატესობა KV-2კათიონიტთან შედარებით ქრომის იონების შთანთქმის ნაკლებად გამოხატულ უნარში მდგომარეობს.

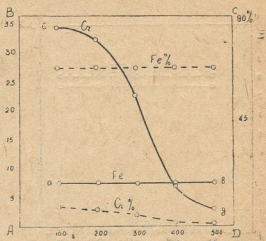
კათიონიტების KB-4 და KB-4-II2 გამოცდის შედეგები მოცემულია ნახ. 3 და 4-ზე.

რკინისა და ქრომის იონების შთანთქმის სიდიდე გამოსახულია მგეკვ 7,7 გ KB-4 და 9,1 გ KB-4-II2 მშრალ კათიონიტებზე გადათვლით.

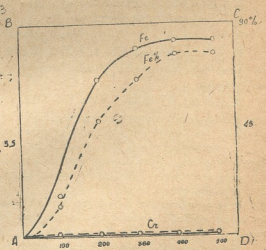
მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ აღნიშნული კათიონიტები ამჟღავნებენ ფრიად მნიშვნელოვან თვისებებს ქრომიანი ელექტროლიტის რკინის მინარევისაგან გაწმენდის საქმეში.

კათიონიტები KB-4 და KB-4-II2, წინა შემთხვევებისაგან განსხვავებით, ქრომიანი ელექტროლიტიდან შთანთქავენ მხოლოდ რკინის იონებს, ე. ი. ქრომიონების გაცვლა კათიონიტების წყალბადიონებთან არ ხდება.

კათიონიტები KB-4 და KB-4-II2 ხასიათდებიან მკვეთრად გამოხატული არჩევითი შთანთქმითი უნარიანობით. კათიონიტი KB-4-ის მიერ რკინის იონების შთანთქმის მაქსიმალური ხარისხი 68,8% შეადგენს, KB-4-II2 კათიონიტის მიერ რკინის შთანთქმის



ნახ. 2. რკინისა და ქრომის იონების შთანთქმა KV-2 კათიონიტით: AB—რკინისა და ქრომის შთანთქმა მგეკვ CD—რკინისა და ქრომის შთანთქმა %--- AD—ფილტრატის მოცულობა მლ

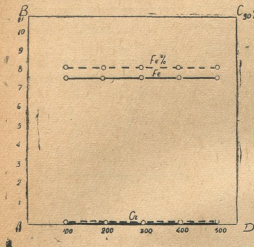


ნახ. 3. რკინისა და ქრომის იონების შთანთქმა KB-4 კათიონიტით: AB—რკინისა და ქრომის შთანთქმა მგეკვ CD—რკინისა და ქრომის შთანთქმა %--- AD—ფილტრატის მოცულობა მლ

და ქრომის იონების შთანთქმის მაქსიმალური ხარისხი 68,8% შეადგენს, KB-4-II2 კათიონიტის მიერ რკინის შთანთქმის



სილიდე კი ყველა შემთხვევისათვის 68,8% შეადგენს. ორივე შემთხვევაში ქრომის იონების რაოდენობა ხსნარში არ იცვლება.



ნახ. 4. რკინისა და ქრომის იონების შთანთქმა KB-4-II2 კათიონიტით:
 AB—რკინისა და ქრომის შთანთქმა მგ/კვ
 CD—რკინისა და ქრომის შთანთქმა %—
 AD—ფილტრატის მოცულობა მლ

გაწმენდილი ხსნარის შედგენილობა რკინის მიმართ საყვებით აკმაყოფილებს იმ მოთხოვნებს, რომლებიც სუფთა ელექტროლიტური ქრომის მისაღებად ქრომიან ელექტროლიტს წარედგინება, იონგაცვლითი ფისების საშუალებით ქრომიანი ელექტროლიტის რკინის მინარევისაგან გაწმენდაზე ჩატარებული წინასწარი ცდები საფუძველს გვაძლევს დავასკვნათ, რომ KB-4 და KB-4-II2 კათიონიტების გამოყენება გარკვეულ ინტერესს წარმოადგენს. პრაქტიკაში ქრომიანი ელექტროლიტის რკინის მინარევისაგან გასაწმენდად იონგაცვლითი ფისების გამოყენებაზე საბოლოო დასკვნის გამოსატანად აუცილებელია ჩატარდეს დამატებითი კვლევა სრული, დინამიკური და სტატიკური გაცვლითი ტევადობისა და სხვათა შესასწავლად.

დასკვნები

1. გამოკვლეულია KY-1, KY-2, KB-4 და KB-4-II2 კათიონიტების გამოყენების შესაძლებლობა ქრომიანი ელექტროლიტის რკინის მინარევისაგან გასაწმენდად.

2. KY-1, KY-2, KB-4 და KB-4-II2 კათიონიტების გამოყენებით რკინის რაოდენობა ქრომიან ელექტროლიტში შეიძლება დაყვანილ იქნეს 0,1 გ/ლ სილიდემდე, რაც ხელს არ შეუშლის სუფთა ელექტროლიტური ქრომის მიღებას.

3. კათიონიტები KY-1 და KY-2 ქრომიანი ელექტროლიტიდან შთანთქავენ როგორც ქრომს, ისე რკინის იონებს.

4. კათიონიტი KY-2 ხსნარიდან ქრომიონების შთანთქმაში კათიონიტი KY-1-ზე აქტიურია.

5. კათიონიტები KB-4 და KB-4-II2 არჩევითი შთანთქმით უნარიანობით ხასიათდებიან. აღნიშნული იონიტები ქრომიანი ელექტროლიტიდან მხოლოდ რკინის იონებს შთანთქავენ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გამოყენებითი ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი
 (რედაქციას მოუვიდა 26.6.1959)

დაგოწვებულ ლიტერატურა

1. Р. И. Агладзе и Н. В. Мзареулишвили. Разделение хрома и железа дробной кристаллизацией. Гидроэлектрометаллургия хрома, Сборник. 1959.
2. П. Б. Краевский и Л. П. Адамович. Контроль электролитов гальванических ванн и покрытий 1941, 39.
3. Анализ минерального сырья, 1956, 47.

ელემტროქიმიკა

ი. ბერიკაშვილი

მწვავი კალიუმის წყალხსნარებში პერმანგანატის ელემტროქიმიკური
აღდგენა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 20.6.1959)

ტუტე ელექტროლიტებში მანგანუმისა და მისი შენადნობების ანოდური გახსნის სამუშაოები პერმანგანატის კათოდური აღდგენის თავიდან აცილების მიზნით ჩატარებულია დიაფრაგმიან აბაზანებში [1, 2, 3].

მონაცემებით [4, 5], რომლებიც შემოწმებულია რუსთავის აზოტსასუ-ქების ქარხნის პერმანგანატის საცდელ-სამრეწველო საამქროს პრაქტიკით, ირ-კვივა, რომ ელექტროლიზის უდიაფრაგმო პროცესი თავისი მაჩვენებლებით აჭარბებს დიაფრაგმიან პროცესით მიღებულ შედეგებს, რაც ერთგვარ ახსნას მოითხოვს.

წარმოდგენილი შრომით ლაბორატორიულად შესწავლილია მწვავი კალი-უმის წყალხსნარებში კათოდური პროცესის გავლენა პერმანგანატის აღდგე-ნაზე.

ცდების ცალკეულ სერიებში შესწავლილია კალიუმის პერმანგანატის ანოდური აღდგენაზე ტემპერატურის, კონცენტრაციის, კათოდური დენის სიმკერძის და საკათოდე მასალის გავლენა მწვავი კალიუმის წყალხსნარებში. ხსნარების დასამზადებლად გამოყენებული გვექონდა პრეპარატივი მარკათ „ქიმიურად სუფთა“. საკვლევიად აღებული ელექტროლიტების (KOH , KMnO_4) კონცენტრაცია უახლოვდებოდა ფერომანგანუმის ანოდური გახსნის შესწავლის დროს მიღებულ ოპტიმუმს [4, 5].

ელექტროლიტში პერმანგანატის საწყისი და საბოლოო კონცენტრაცია ისაზღვრებოდა 0,1 ნ მკაუნმკაუა ნატრიუმისა და 0,1 ნ პერმანგანატის ტიტრი-ანი ხსნარებით. ნალექში გადასულ მანგანუმს კი ესაზღვრავდით ფოლგარდის ცნობილი მეთოდით [6].

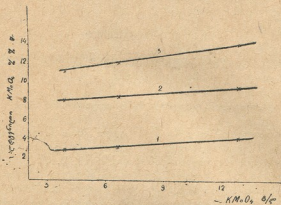
ცდები ტარდებოდა უდიაფრაგმო აბაზანებში უხსნადი ელექტროდებით. ანოდად ყვილა ცდაში გამოყენებულა გვექონდა უყანგავი ფოლადი, ხოლო კა-თოდად სპილენძი, უყანგავი ფოლადი და ნიკელი. ცდების დროს უცვლელი გვექონდა დენის ძალა — 2 ამპერი, ანოდური დენის სიმკვრივე — 6,5 ა/დმ², ელექტროლიტის მოცულობა — 450 მლ, ცდის ხანგრძლივობა — 4 საათი და ელექტროდებს შორის მანძილი — 30 მმ.

მწვავი კალიუმის ხსნარში კალიუმის პერმანგანატის კონცენტრაციის გავ-ლენა მის კათოდური აღდგენაზე შესწავლილია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ანოდად გამოყენებული გვექონდა უყანგავი ფოლადი, ხოლო კათოდად სპი-ლენძი. ცნობილია, რომ ხსენებული ლითონები პერმანგანატისა და მწვავი კა-ლიუმის წყალხსნარებში, როდესაც ტუტის კონცენტრაცია 30%-ზე ნაკლებია, საკმარისად მდგრადებია, თუმცა ხსნარების აერაციით კოროზია შედარებით აჩქარებულია [7].

ელექტროლიტი შეიცავდა 212,8 გ/ლ KOH -ს და 3,44 გ/ლ K_2CO_3 -ს, რო-მელშიაც გახსნილი იყო ორჯერ გადაკრისტალბულა ქიმიურად სუფთა კალი-

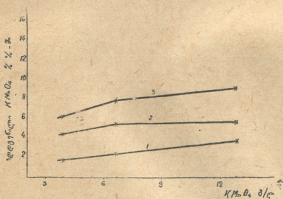
უმის პერმანგანატი, რომლის კონცენტრაცია ცალკეულ ცდებში 3,9 და 12,9 გ/ლ-მდე იცვლებოდა.

1, 2 და 3 ნახაზებზე წარმოდგენილი შედეგებიდან ჩანს⁽¹⁾, რომ ელექტროლიტში კალიუმის პერმანგანატის კონცენტრაციის გაზრდით მისი აღდგენის ხარისხი იზრდება.



ნახ. 1. $KMnO_4$ -ის კონცენტრაციის გავლენა (კათოდური დენის სიმკვრივე—2,15 ა/დმ²)

იბადება კითხვა, როგორია მანგანატისა და შლამის წარმოქმნის შექანიზმი, ანდა პერმანგანატის კონცენტრაციის გაზრდით რატომ აზრდება მისი აღდგენის ხარისხი.

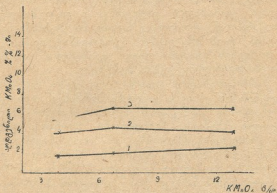
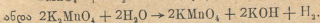
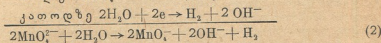
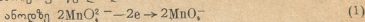


ნახ. 2. $KMnO_4$ -ის კონცენტრაციის გავლენა (კათოდური დენის სიმკვრივე—8,66 ა/დმ²)

აღწერილი ცდების პირობები ერთგვარად ემსგავსება ლიტერატურაში ცნობილ და ტექნიკაში დანერგილ მანგანატის ელექტროქიმიურ დაჟანგვას პერმანგანატამდე, რომლის დროსაც გამოყენებულა უხსნადი ანოდები და ტუ-

⁽¹⁾ ყველა ნახაზზე რიცხვი 1 შეესაბამება ელექტროლიტში 8 ამპერ-საათი დენის გატარებით შლამში გადასულ პერმანგანატს, 2—მანგანატში გადასულ პერმანგანატს, ხოლო 3—ამ ორივე სიდიდის ჯამს, გამოსახულს პროცენტებით.

ტი ხსნარები, რომლებიც შეიცავენ მანგანატისა და პერმანგანატის იონებს, ისევე როგორც სხენებული პროცესის დროს ანოდზე მანგანატი იქანგება პერმანგანატად, ხოლო კათოდზე გამოიყოფა წყალბადი:

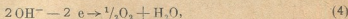


ნახ. 3. KMnO_4 -ის კონცენტრაციის გავლენა (კათოდური დენის სიმკვრივე—45,25 ა/დმ²)

(1) განტოლების შესაბამისი წონასწორული პოტენციალი (25°C), რომლის დროსაც მანგანატი იონი იქანგება პერმანგანატი იონად, გამოისახება განტოლებით

$$\text{MnO}_4^-, \text{MnO}_4^{2-}/\text{Pt} = 0,54 + 0,059 \lg \frac{a\text{MnO}_4^-}{a\text{MnO}_4^{2-}} \quad (3)$$

ანოდზე მანგანატი იონის დაქანგვის დროს აგრეთვე გამოიყოფა ქანგბადი განტოლებით



რომელსაც (25°C და ქანგბადის წნევისას $P_{\text{O}_2} = 1$ ატ) შეესაბამება ქანგბადის აღდგენის წონასწორული პოტენციალი

$$\text{OH}^-, \text{O}_2/\text{Pt} = 0,401 - 0,05915 \lg a\text{OH}^- \quad (5)$$

ელექტროლიზის დასაწყისში ქანგბადის გამოყოფის რეალური პოტენციალი უფრო დადებითია, რაც განპირობებულია გადაძაბვით. ყოველივე ეს იწვევს მანგანატი იონის უპირატეს დაქანგვას ჰიდროქსილის იონთან შედარებით, მაგრამ ელექტროლიზის დროს სისტემაში მანგანატი აონის კონცენტრაცია კლებულობს, ხოლო პერმანგანატი იონის კონცენტრაცია მატულობს ისე, რომ (3) განტოლებით გამოისახული ქანგვა-აღდგენის პოტენციალი უფრო დადებითი ხდება. ხსენებულ ელემენტს ხელს უწყობს აგრეთვე კონცენტრაციული პოლარიზაცია, რომელიც ელექტროლიტის მოცულობაში მანგანატი იონების შემცირებით უფრო და უფრო ვლინდება. მეორე მხრივ, (5) განტოლების შესაბამისად ქანგბადის გამოყოფის პოტენციალი მცირდება, რადგანაც პერმანგანატის



კონცენტრაციის გაზრდით იზრდება ჰიდროქსილ იონების კონცენტრაცია (იხ. განტოლება 2), ოის გამოც იზრდება ანოდზე გამოყოფილი ჟანგბადის რაოდენობა და კლექტულობს პერმანგანატის დენით გამოსავალი. თუ ამჟვე მსჯელობას ჩვენ მიერ აღებულ სისტემას შევუყუხებთ, მივიღებთ, რომ (3) განტოლებათ წარმოდგენილი სისტემის პოტენციალის მნიშვნელობა იზრება უარყოფითი მნიშვნელობისაკენ, რადგანაც მცირდება პერმანგანატ იონის კონცენტრაცია, ხოლო (5) განტოლებით გამოსახული პოტენციალის მნიშვნელობა უფრო დადებითი ხდება, რადგან პერმანგანატ იონების კონცენტრაციის შემცირება იწვევს ჰიდროქსილ იონების კონცენტრაციის შემცირებას. ამიტომ აქაც ერთმანეთს უახლოვდება რა ამ ორივე პოტენციალის მნიშვნელობებია, იწყება ჟანგბადის გამოყოფა, ჟანგბადის გამოყოფა კი დაკავშირებულია კათოდზე წყალბადის წარმოქმნასთან, რომელიც ალდგენს პერმანგანატს, ამასთან აგრეთვე ცხადი ხდება, რომ სისტემაში პერმანგანატ იონის კონცენტრაციის გაზრდით მისი ალდგენის ხარისხი უნდა გაიზარდოს, რასაც ადასტურებს ნახ. 1, 2, 3-ზე წარმოდგენილი ცდების შედეგები.

1 ცხრილში წარმოდგენილია ცდების შედეგები, ოთხლითაც შესწავლილია კათოდური დენის სიმკვრივის გავლენა პერმანგანატის ალდგენაზე. დენის სიმკვრივის ცვალებადობას ვაღწევდით კათოდის ფართის შეცვლით ისე, რომ დენის ძალა უცვლელი რჩებოდა. სახელდობრ, კათოდის ფართს 0,0442 დმ²-დან 0,93 დმ²-მდე ვზრდიდით, ამიტომ დენის სიმკვრივე კათოდზე შესაბამისად 45,25 ა/დმ²-დან 2,15 ა/დმ²-მდე მცირდება. ხსენებული ფაქტორი შესწავლილია ელექტროლიტში, რომელიც შეიცავდა 212,8 გ/ლ KOH-ს. ცხრილიდან ჩანს, რომ კათოდური დენის სიმკვრივის გაზრდით პერმანგანატის ალდგენის ხარისხი საგრძნობლად მცირდება როგორც მანგანატის, ისე შლამის წარმოქმნის თვალსაზრისით. სახელდობრ, როდესაც ელექტროლიტში შეტანილი გეჟონდა 12,8512 გ/ლ პერმანგანატი და კათოდური დენის სიმკვრივე 2,15 ა/დმ² იყო, პერმანგანატი 14,12%-ით ალდგებოდა, ხოლო კათოდური დენის სიმკვრივის 45,25 ა/დმ²-მდე გაზრდით ალდგენა 6,52%-მდე მოხდა, ე. ი. მისი მნიშვნელობა ორჯერ და უფრო მეტად შემცირდა. იმავე ცხრილიდან აგრეთვე ცხადად ჩანს, რომ პერმანგანატის კონცენტრაციის გაზრდით მისი ალდგენის ხარისხი მატულობს.

ცხრილი 1

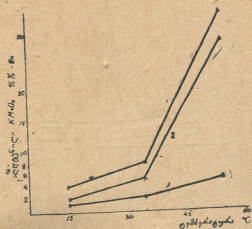
კათოდური დენის სიმკვრივის გავლენა KMnO₄-ის ალდგენაზე

ცდის №	KMnO ₄ -ის კონცენტრაცია გ/ლ		დენის სიმკვრივე ა/დმ ²	ძაბვა ვოლტ.	ალდგენილი პერმანგანატი %/ა-ით		
	საწყისი	საბოლოო			მანგანატში	შლამში	Σ
1	3,9184	3,4760	2,15	2,30	8,26	3,03	11,29
2	"	3,6704	8,66	2,40	4,44	1,83	6,33
3	"	3,7040	45,25	2,65	4,06	1,39	5,45
4	6,6676	5,8460	2,15	2,40	8,76	3,56	12,32
5	"	6,1325	8,66	2,60	5,44	2,57	8,01
6	"	6,2252	45,25	2,70	4,57	2,07	6,64
7	12,8612	11,0452	2,15	2,35	9,70	4,42	14,12
8	"	11,6664	8,66	2,45	5,58	3,71	9,29
9	"	12,0226	45,25	2,75	4,09	2,43	6,52

კათოდური დენის სიმკვრივის გაზრდით პერმანგანატის ალდგენის შესაძლებელია შეიძლება აეხსნათ იმით, რომ კათოდზე დენის მაღალი სიმკვრივეები-

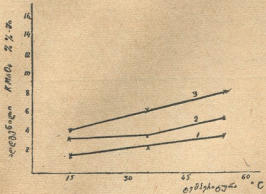
სას კათოდური პოტენციალი იმდენად უარყოფითი ხდება, რომ დენის დადებითი ნაწილი წყალბად იონების განმუხტვაზე იხარჯება, ხოლო მისი უმნიშვნელო ნაწილი იხარჯება პერმანგანატ იონის აღდგენაზე, რომლის დიფუზიის სიჩქარე ზღვრული სიდიდისაკენ მიისწრაფვის. გარდა ამისა, კათოდის ფართის შემცირებით, ჩვენი შემთხვევისათვის ავი ტოლფასია დენის სიმკვრივის გაზრდისა, მცირდება პერმანგანატ იონისა და წყალბადის შეხვედრის ალბათობა, რაც იწვევს პერმანგანატ იონის აღდგენის ლიმიტირებას.

შე-2 ცხრილით და ნახაზებით 4, 5, 6-ით წარმოდგენილია ცდების შედეგები, რომლითაც შესწავლილია კათოდურ აღდგენაზე ტემპერატურას გავლენა. ცდები ტარდებოდა უხსნადი ელექტროლებით. მიღებული მაჩვენებლებიდან ჩანს,



ნახ. 4. ტემპერატურის გავლენა $KMnO_4$ -ის აღდგენაზე (კათოდური დენის სიმკვრივე 2,15 ა/დმ²)

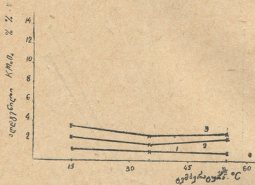
რომ კათოდურ აღდგენაზე ტემპერატურის გავლენა იმისდა მიხედვით, თუ როგორია დენის სიმკვრივე, ძალზე განსხვავებულია. ასე, მაგალითად, როდესაც ცდის ტემპერატურა 55°-ია და კათოდური დენის სიმკვრივე კი 2.15 ა/დმ²-ია,



ნახ. 5. ტემპერატურის გავლენა $KMnO_4$ -ის აღდგენაზე (კათოდური დენის სიმკვრივე 8,66 ა/დმ²)



პერმანგანატის აღდგენის ხარისხი 34,49%-ია, ხოლო იმავე ტემპერატურაზე 45,25 ა/დმ²-ზე აღდგენას ხარისხი მხოლოდ 2,94%-ია. მიღებული შედეგებიდან აგრეთვე ცხადი ხდება, რომ მაღალ ტემპერატურაზე და დაბალ დენის სიმკვრივეზე (2—8 ა/დმ²) პერმანგანატის აღდგენის ხარისხი მკვეთრია და ეს აღდგენა რიოთადად დაკავშირებულია მანგანატის წარმოქმნასთან. სახელდობრ, 55°-ზე და 2,15 ა/დმ² დენის სიმკვრივეზე აღდგენილი პერმანგანატის 87,70% მანგანატია. რაც შეეხება მაღალი დენის სიმკვრივის დროს პერმანგანატის აღდგენაზე ტემპერატურის გავლენას, შეიძლება ითქვას, რომ ტემპერატურის 55°-მდე



ნახ. 6. ტემპერატურის გავლენა $KMnO_4$ -ის აღდგენაზე (კათოდური დენის სიმკვრივე 45,25 ა/დმ²)

აწევით აღდგენის ხარისხი მცირდება კიდევ. სახელდობრ, როდესაც დენის სიმკვრივე კათოდზე 45,25 ა/დმ²-ია და ტემპერატურა 15°, აღდგენის ხარისხი 3,52%-ია, ხოლო 55°-ზე 2,94%-ია. მიღებული შედეგები იმითაცაა საინტერესო, რომ სისტემის 55°-მდე გაცხელებით, თუ მწვავე ტუტის კონცენტრაცია 218,8 გ/ლ-ა პერმანგანატის ქიმიურად აღდგენის ხარისხი, როდესაც მისი კონ-

ცხრილი 2

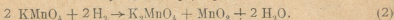
პერმანგანატის კათოდურ აღდგენაზე ტემპერატურის გავლენა

ცდის №	$KMnO_4$ კონცენტრაცია გ/ლ		ტემპერატურა °C	კათოდური დენის სიმკვრივე ა/დმ ²	ძაბვა ვოლტ.	აღდგენილი პერმანგანატი %/ით		
	საწყისი	საბოლოო				მანგანატი	შლამ-ში	Σ
1	13,1939	12,7059	15	2,15	2,75	2,70	1,42	4,12
2	"	11,8509	"	8,66	2,45	2,42	1,85	4,27
3	"	11,7810	"	45,25	2,35	2,32	2,20	2,52
4	14,0936	12,9244	35	2,15	2,15	5,69	2,60	8,29
5	"	13,1772	"	8,66	2,30	4,48	1,72	6,20
6	"	13,7460	"	45,25	2,40	1,57	0,90	2,47
7	11,8184	7,7420	55	2,15	1,95	30,25	4,24	34,49
8	"	10,8388	"	8,66	2,15	5,26	3,03	8,29
9	"	11,4708	"	45,25	2,25	2,05	0,89	2,94

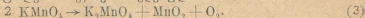
ცენტრაცია 12—14 გ/ლ-ია, ძალზე უმნიშვნელოა. ხსენებული დასკვნის შესამოწმებლად ჩვენ ჩავატარეთ საკონტროლო ცდა. სახელდობრ: ხსნარი, რომე-

ლიც შეიცავდა 218,8 გ/ლ KOH-ს, 3,44 გ/ლ K₂CO₃-ს და 11,8184 გ/ლ KMnO₄-ს, 4 საათის განმავლობაში, მოვათავსეთ თერმოსტატში, რომლის ტემპერატურა 55° აყო. გამოირკვა, რომ ხსენებულ პირობებში პერმანგანატის კონცენტრაცია არ იცვლება.

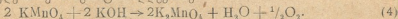
ჩვენ შევეცადეთ მიმდინარე პროცესი გამოვესახა სტექიომეტრიულად. პირველ რიგში წყლის ელექტროლიზით გამოყოფილი წყალბადი პერმანგანატზე მოქმედებს შემდეგი განტოლებით:



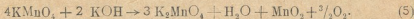
(1) და (2) განტოლების შეჯამებით ვღებულობთ:



(3) განტოლებით წარმოქმნილი მანგანუმის ორქანგი ტუტე არეში კატალიზურად მოქმედებს პერმანგანატის აღდგენაზე



თუ დაეუშვებთ, რომ განტოლებები (3) და (4) ერთნაირი სიჩქარით მიმდინარეობს, რაც ნაკლებად სააღბათოა, მაშინ ეს ორივე პროცესი შეიძლება გამოვესახა:



მაგრამ სინამდვილეში (3) და (4) განტოლებებით გამოსახული რეაქციების სიჩქარე სხვადასხვაა, ამიტომ ჩვენ მიერ მიღებული მანგანატისა და მანგანუმის ორქანგის რაოდენობა აქ წარმოდგენილ (5) განტოლებას არ შეესაბამება.

მე-3 ცხრალში წარმოდგენილია ცდების შედეგები, რომლითაც შესწავლილია საკათოდე მასალის გავლენა პერმანგანატის კათოდურ აღდგენაზე. კერძოდ, ცალკეულ ცდებში კათოდად გამოყენებული გვექონდა უქანგავი ფოლადი, სპილენძი და ნიკელი. ხსენებული ცდებიც, ისევე, როგორც ყველა დანარჩენი ცდა, ჩატარებულ იქნა ოთხსაათიანი ხანგრძლივობით. ცდებში ელექტროლიტად გამოყენებულ იქნა მწვავე კალიუმი, ამასთან ანოდური და კათოდური დენის სიმკვრივე ერთმანეთის ტოლი იყო და იგი 8,6ნ ა/დმ²-ს უდრიდა.

ცხრილი 3

საკათოდე მასალის გავლენა KMnO₄-ის აღდგენაზე

ცდის №	KMnO ₄ -ის კონცენტრაცია გ/ლ		საკათოდე მასალა	ძაბვა ვოლტ.	აღდგენილი პერმანგანატი %/ა-ით		
	საწყისი	საბოლოო			მანგანატში	შლამში	Σ
1	11,4076	10,4596	ნიკელი	2,10	5,24	3,07	8,31
2	"	10,5228	სპილენძი	2,30	4,81	2,95	7,76
3	"	10,5544	უქანგავი ფოლადი	2,20	4,71	2,77	7,48

მიღებული შედეგებიდან ირკვევა, რომ თუ ელექტროლიტად გამოყენებული გვაქვს მწვავე კალიუმის ხსნარი კონცენტრაციით 218,8 გ/ლ-ზე, რომელშიც მინარეგის სხივით 3,44 გ/ლ კალიუმის კარბონატია, საკათოდე მასალა პერმანგანატის აღდგენაზე სულ უმნიშვნელო გავლენას ახდენს. სახელდობრ: კათოდად ნიკელის გამოყენების შემთხვევაში ხსნარში მყოფი პერმანგანატის 8,3% აღდგა, სპილენძის შემთხვევაში—7,76%, უქანგავი ფოლადის შემთხვევაში კი — 7,48%. ამასთან ეს განსხვავება შლამის წარმოქმნის თვალსაზრისით უფრო ნაკლებია.

დასკვნები

1. ტუტე ხსნარებში კალიუმის პერმანგანატის აღდგენის პროცესის შესწავლის მიზნით ჩატარებულია ლაბორატორიული ცდები უხსნადი ელექტროდებით.

2. შესწავლილია ელექტროლიზის პროცესზე პერმანგანატის კონცენტრაციის, კათოდური დენის სიმკვრივის, ტემპერატურისა და საკათოდე მასალის გავლენა.

3. მწვევე კალიუმის წყალხსნარებისათვის დადგენილია:

ა) პერმანგანატის კონცენტრაციის გაზრდით მისა აღდგენის ხარისხი იზრდება. ამასთან ხსენებული პროცესი ძირითადად კათოდური პროცესითაა განპირობებული;

ბ) კათოდური დენის სიმკვრივის გაზრდით პერმანგანატის აღდგენის ხარისხი მცირდება როგორც მანგანატის, ისე შლამის წარმოქმნის თვალსაზრისით;

გ) ხსნარში, რომელიც შეიცავს 218,8 გ/ლ KOH-ს და 3,44 გ/ლ K_2CO_3 -ს, პერმანგანატის კათოდურ აღდგენაზე ტემპერატურის გავლენა დამოკიდებულია კათოდური დენის სიმკვრივისაგან. სახელდობრ: კათოდურა დენის მაღალ სიმკვრივეებზე ტემპერატურის გაზრდით პერმანგანატის კათოდური აღდგენა მცირდება, ხოლო კათოდური დენის დაბალ სიმკვრივეზე აღდგენის ხარისხი მკვეთრად იზრდება.

4. პერმანგანატის აღდგენაზე კათოდური მასალის (Ni, Cu და უჟანგავე ფოლადი) გავლენა უმნიშვნელოა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გამოყენებითი ქიმიისა და ელექტროქიმიის
 ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.6.1959)

დამონუმბული ლიტერატურა

1. G. Grube, H. Metzger. Über die anodische Verhalten des Mangans. Ztschr. f. Elektroch. 29, 17, 1923; Die elektrolytische Darstellung der Alkalipermananaten durch anodische Auflösung des Mangans. Ztschr. f. Elektroch. 29, 100, 1929.
2. K. Müller, G. Schaufler. Ein elektrolytisches Verhalten zur Darstellung, von Kaliumpermanganaten. DRP 70417, hl. 12 n, 1938.
3. П. М. Лукьянов и Н. Г. Бахчисарайцьян. Электрохимическое получение перманганата калия непосредственно из пиролюзита и марганцевых сплавов. ЖПХ, т. XII, №3, 1939, 324—345.
4. Р. И. Агладзе и И. Г. Берикашвили. Получение перманганата анодным растворением ферромарганца в водных растворах едкого калия. Сообщения АН СССР, т. XV, № 6, 1954.
5. И. Г. Берикашвили. Изучение процесса получения перманганата калия анодным растворением ферромарганца в карбонатных и щелочных растворах. Автореферат, 1956.
6. Е. Г. Давиташвили и Е. С. Джапаридзе. Анализ марганцевых руд. Труды Тбилисского химического Института, т. V, 107, 1942.
7. В. П. Бараник. Краткий справочник по коррозии. ГИТ, Изд. хим. литературы, 1953, 82—89.
8. В. Г. Хомяков, В. П. Машовец и Л. Л. Кузьмин. Технология электрохимических производств. Госхимиздат, 1949.

პატრონაჟში

გ. მიჩაძე

თეთრი წყაროს რაიონის პალეოცენური ვულკანოგენური
წარმონაქმების პატრონაჟში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ძოწენიძემ 5.6.1959)

თეთრი წყაროს რაიონში პალეოცენურ-ქვედაეოცენური ნალექები თავისებური ფაციესებითაა წარმოდგენილი. ამ ნალექებს ლითოლოგიური შედგენილობის მიხედვით ვ. ედილაშვილი სამ ჰორიზონტად ყოფს: 1. ქვედა ფლიშური ნალექები — პალეოცენი, 2. ანდეზიტური სერია — პალეოცენი, 3. ზედა ფლიშური ნალექები — ქვედა ეოცენი.

ჩვენი კვლევის ობიექტს ვ. ედილაშვილის მიერ ანდეზიტურ სერიად წოდებული ვულკანოგენური ბრეჭიები წარმოადგენს, რომლებიც მდ. ალგეთის ხეობაში ქვედა და ზედა ფლიშურ ნალექებს შორისაა მოქცეული, ხოლო მდ. ხრამის ხეობაში მთლიანად ანაცვლებს ფლიშს და უშუალოდ დევს დანიურ კირქვებზე. გამოსავალი ზევიდან ახალგაზრდა ლავის ნაკადითაა დაფარული. ლავის ეს ნაკადი ალგეთისა და ხრამის ხეობების ვულკანოგენურ ბრეჭიებს ერთმანეთისაგან იზოლირებულ კარ გამოსავლად ყოფს.

მდ. ალგეთის ხეობის ვულკანოგენური ბრეჭიები სოფ. მიხაილოვიდან სოფ. ტბისის მიმართულებით 12 კმ-ის მანძილზე უწყვეტ ზოლად ვრცელდება. ისინი თანხმობით აგრძელებენ ქვედა ფლიშურ ნალექებს და თანხმობითვე იფარებიან ზედა ფლიშური ნალექებით. მიმართებაზე ფაციალურად ენაცვლება პალეოცენურ ტერიგენულ ნალექებს. სოფ. ტბისის სამხრეთით მთლიანად ანაცვლებენ ქვედა ფლიშს. მიხაილოვიკის ხევში ვულკანოგენური ბრეჭიები უშუალოდ დევს ზედა ცარცულ კირქვებზე. ფლიშის გამოსოფლას ამ მიმართულებით ნ. კანდელაკი ხსნის პალეოცენური ტრანსგრესიის განვითარებით, რიონლიც გამოიხატა პალეოცენური ნალექების ვადფარეიდ, ზოგან კი მათი გადარეცხვითაც.

ვულკანოგენური ბრეჭიების სიძლიერე მდ. ალგეთის ხეობაში, პ. გამყრელიძისა და ვ. ედილაშვილის მიხედვით, 200 მეტრია, ხეობიდან ჩრდილოეთით, სადაც იგი უფრო ძლიერი ზდება, შეიძლება მისი სიძლიერე 300 მეტრამდე ვივარაუდოთ.

ბრეჭიები უმთავრესად არაშრებრივია. ზოგჯერ ვხვდებით შრებრივობასაც. ქვედა ნაწილში ხშირად გამოერევა ქვიშაქვის უბნები ან მერგელოვანი ქანების შრეები. ასეთი ჩანართები შუა ნაწილში არ შეინიშნება და განმეორებით მხოლოდ დასტის ზედა ნაწილში გამოჩნდება. დასტის აგებულებაში გაბატონებული როლი ნატეხებს უჭირავს, ცემენტი დამორჩილებულია. ნატეხები დაკუთხულია. იშვიათად შეიმჩნევა დამუშავების ოდნავი კვალი. ნატეხების საშუალო ზომა 10×20 სმ-ია. პატარა ნატეხების გვერდით ვხვდებით ლავის 2—3 მეტრის და მეტი ზომის ლოდებსაც.

ტექტონიკურად მდ. ალგეთის ხეობის ვულკანოგენური ბრეჭიები თელეთის ანტიკლინის ღერძულ ნაწილს ემთხვევა.



ვულკანოგენური ბრექჩიების მეორე გამოსავალი მდ. ხრამის ხეობაში გვაქვს. სოფ. ყარაყენდ-კოსოლარის ქვემოთ, მდინარის მარცხენა ნაპირზე, დასტა, რომელიც 3 კმ-ის მანძილზე გაიდევნება, უშუალოდ თავზე ადევს დანიურ კირქვეს, ზევიდან კი ახალგაზრდა ლავებით იფარება. მისი სიმაღლე 250-300 მეტრია. დასტის მცირე ზომის გამოსავალი გადადის მდინარის მარჯვენა ნაპირზე. ქვემოთ კი, მდინარის დინების მიმართულებით, ვულკანოგენური ბრექჩიების დონეზე შრეებრივი კირქვეები გვაქვს. ეს მოვლენა აიხსნება წყვეტით, რომელიც ამ უბანში დაახლოებით მდინარე ხრამის კალაპოტს ემთხვევა. ბრექჩიები მასიურია. შედგება ლავის დიდი ზომის დაკუთხული ნატეხებისაგან, რომლებსაც ლავა ან ტუფი აცემენტებს. ბრექჩიები ღია ან მუქი ნაცრისფერია. აქა-იქ გამოფრევა მოიხსნეო უბნებიც. დიდი ზომის ნატეხებში შეიმჩნევა სვეტიცხლის გიგანტობა.

აღნიშნული ვულკანოგენური დასტის დეტალური პეტროგრაფიული კვლევა აღმდეგ არ ჩატარებულა. ერთეული ნიმუშების აღწერას ვხვდებით ბ. ბელიკოვისა და ს. კუზნეცოვის [1], გ. ძოწენიძისა [2] და ნ. კანდელაკის შრომებში.

ბ. ბელიკოვი და ს. კუზნეცოვი აღნიშნავენ, რომ ამლივის, ფარცხისისა და ტბისის მიდამოებში გვაქვს დაციტების ადგილობრივი ამოფრქვევა. ავტორები იძლევიან ერთი ნიმუშის პეტროგრაფიულ აღწერას ამ ქანებიდან. მიკროსკოპის ქვეშ ქანს მიკროლითური სტრუქტურა აქვს. ჩანართები წარმოდგენილია შეცვლილი პლაგიოკლასით და რქატყუარით. პლაგიოკლასი № 57 ($\perp PM = 31$). რქატყუარის დამახასიათებელი კვებები შევსებულია ქლორიტით, ირგვლივ კი თააციტური რკალითაა გარშემორტყმული. შერჩენილია შეუცვლელმა უბნებმა ავტორების საშუალება მისცა განესაზღვროს $CNg = 13\%$. ძირითადი მასა მიკროლითურია. შედგება № 20 (სწორი ჩაქრობა) პლაგიოკლასის ლეისტებისა და კვარცის მარცვლებისაგან. ავტორებს იქვე მოყავთ ქანის ქიმიური შედგენილობა, რომლის საფუძველზე დაასკვნიათ, რომ აღწერილი ქანი ახლოდგას ლიპარიტ-დაციტთან.

გ. ძოწენიძე მდ. ალგეთის ხეობის ვულკანოგენებს აღწერს როგორც დაციტური ტიპის ქანებს. ქანები თეთრი ან ნაცრისფერია. აქვთ პორფირულ სტრუქტურა. ძირითადი მასა უფერული ან ხანდახან მოყავისფრო-რუხია. შედგება ოლიგოკლასის მიკროლითების, კვარცის მარცვლებისა და მინებრივი ბაზისისაგან. პლაგიოკლასის ფენოკრისტალები საღია. იგი ანდეზინის რიგისაა № № 40—45. კვარცი, რომელიც იშვიათად გვხვდება ფენოკრისტალებში, სუსტად კოროდირებულია ძირითადი მასით. მუქი მინერალი სრულებით არ გვხვდება. ავტორი აღნიშნავს, რომ ბრექჩიები და მასში მოქცეული განფენები სრულ პეტროგრაფიულ მსგავსებას იჩენენ.

ნ. კანდელაკის მიერ ეს ქანები აღწერილია როგორც რქატყუარიანი და ავგიტიანი ანდეზიტები.

1958 წლის ზაფხულში ჩვენ დეტალურად შევისწავლეთ აღნიშნული ვულკანოგენური დასტა. ქვემოთ მოცემულია ველზე შეგროვილი მასალის დამუშავებით მიღებული შედეგები.

საველე დაკვირვებამ ცხადყო, რომ ალგეთისა და ხრამის ხეობების ვულკანოგენური ბრექჩიები ერთმანეთის მსგავსია. ორივე ხეობაში გვაქვს როგორც ლავური, ისე ტუფური ბრექჩიები.

მდ. ხრამის ხეობის ბრექჩიების მიკროსკოპულმა შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ცემენტი ძირითადად ლავურია. დასტის ძირითად შემადგენელ ნაწილს ლავის თეთრი ან ნაცრისფერი ნატეხები წარმოადგენს. იშვიათად გვხვდება უბნები, სადაც ნატეხები იასამნისფერი ან მუქი იისფერია. ნატეხებს მიკროსკოპის ქვეშ პორფირული სტრუქტურა აქვთ. ძირითადი მასა საღია, იშვიათად ოდნავ შეცვლილი. ახასიათებს მიკროლითური სტრუქტურა. შედგება პლაგიოკლას-



ზის ლეისტებისა და კვარცის წვრილი იზომეტრული მარცვლებისაგან, რომლებიც თანაბრად არიან გაბნეულნი ძირითად მასაში. გარდა მიკროლითური ძირითადი მასისა, ვხვდებით ძირითად მასას სფეროლითური სტრუქტურით. ამ შემთხვევაში იგი შედგება პლაგიოკლასის სფეროლითებისა და კვარცის მარცვლებისაგან.

პორფირული გამონაყოფები წარმოდგენილია პლაგიოკლასით და რქატყუარით. ალაგიოკლასი იდიომორფულ პრიზმულ კრისტალებს იძლევა. კრისტალების ზომა 0,5—1,5 მმ-ია. ვხვდებით მონოკრისტალებს და მარტივ მრჩობლებს. ხშირია პოლისინტეტური მრჩობლებიც, თითქმის ყოველთვის მკლადნდება ზონალური აგებულება. იმერსიული მეთოდით განსაზღვრული $Np' = 1,549$ $Ng' = 1,555$. პლაგიოკლასი № 43.

რქატყუარა მთლიანად შეცვლილია და მხოლოდ დამახასიათებელი ექვსკუთხა კვეთების მიხედვით გამოიცნობა. კრისტალების ზომა 0,4—1 მმ-ია. შეცვლა უპირატესად ოპაციტიზაციით გამოიხატება. კრისტალებს გარს აკრავს მავხეტიტის წვრილი კრისტალებისაგან შემდგარი საკმაოდ ფართო ვარსი. რქატყუარის კრისტალების დანარჩენი ნაწილი მთლიანად კარბონატით არის ჩანაცვლებული. კარბონატში ჩანართების სახით ვხვდებთ აპატიტის პრიზმული კრისტალები და მდნეული მინერალის მარცვლები. ქანი რქატყუარიან დაციტს წარმოადგენს.

ბრექჩიის ნატეხების შემაცემენტებელ ლავას მიკროსკოპის ქვეშ პორფირული სტრუქტურა აქვს. ძირითადი მასა წვრილკრისტალურია. შედგება პლაგიოკლასის ლეისტებისა და კვარცის წვრილი იზომეტრული კრისტალებისაგან. ისევე, როგორც ნატეხებში, ცემენტშიც პორფირულ გამონაყოფებს პლაგიოკლასი და რქატყუარა წარმოადგენს. პლაგიოკლასი წარმოდგენილია კარგად გამოხატული პრიზმული ფორმის კრისტალებით და მისი ნატეხებით, რაც ბრექჩიის ცემენტში ადვილი მოსალოდნელია. კრისტალების ზომა 0,2-დან 1,3 მმ-მდე მერყეობს. $Np' = 1,550$, $Ng' = 1,554$, პლაგიოკლასი N 43. ხშირად პლაგიოკლასის კრისტალები ნაწილობრივ ან თითქმის მთლიანად გაკარბონატებულია. რქატყუარა შედარებით ნაკლები რაოდენობით ვხვდებთ. მათი ზომა 0,5 მმ-ია. კრისტალები ირგვლივ ოპაციტიზებულია, შუა ნაწილი კი ჩანაცვლებულია ძირითადად კარბონატით, ზოგჯერ მასთან ერთად მდნეული მინერალით და ქლორიტით. აღწერილიდან ნათლად ჩანს, რომ შემაცემენტებელი ლავა რქატყუარიან დაციტს წარმოადგენს და არაფრით არ განსხვავდება მის მიერ შეცემენტებული ბრექჩიის ნატეხებისაგან.

ანალოგიური სურათი გვაქვს მდ. ალგეთის ხეობის ვულკანოგენებშიც. ბრექჩიები აქაც თეთრი ან ნაცრისფერია. მათი შემადგენელი ნატეხები მიკროსკოპის ქვეშ პორფირულ სტრუქტურას ამჟღავნებენ. ძირითადი მასა სრულკრისტალურია. შედგება პლაგიოკლასის ლეისტებისა და კვარცის წვრილი იზომეტრული კრისტალებისაგან. ზოგჯერ ძირითად მასაში ქლორიტის ქერცლებიც შეიმჩნევა. პორფირული გამონაყოფები წარმოდგენილია პლაგიოკლასით და ამფიბოლით. პლაგიოკლასი სალია; წარმოქმნის იდიომორფულ კრისტალებს, ახასიათებს მარტივი მრჩობლები. ვხვდებთ პოლისინტეტურად დამრჩობლილი კრისტალებიც. ზოგჯერ ზონალური აგებულებაც შეიმჩნევა. პლაგიოკლასის ფენოკრისტალების გაზომვამ იმერსიული მეთოდით შემდეგი შედეგი მოგვცა:



ნომ. №№	აღების ადგილი	Np'	Ng'	მინერალი
234	მდ. მიხაილოვცის ხევი	1,549	1,555	პლაგიოკლაზი № 43
088	სოფ. ტბისი	1,551	1,556	პლაგიოკლაზი № 45
389	ორბეთის მთა	1,550	1,554	პლაგიოკლაზი № 45

რქატყუარა სრულიად შეცვლილია და მხოლოდ დამახასიათებელი ექსკლუთხა კვეთების მიხედვით გამოიცნობა. კრისტალებს გარს აკრავს ოპაქიტური გარსი. შეცვლის პროდუქტები წარმოდგენილია ქლორიტით, კარბონატით და მადნეული მინერალით. როგორც აღწერა გვიჩვენებს, შესწავლილი ბრექჩიის ნატეხები რქატყუარიან დაციტს წარმოადგენს.

აღწერილ ნატეხებს ლავა აცემენტებს, რომელიც პეტროგრაფიულად სრულიად ანალოგიურია ნატეხებისა. იშვიათად ვხვდებით ტუფურ ცემენტს. ასეთი ცემენტი მიკროსკოპის ქვეშ ნატეხოვანი სტრუქტურით ხასიათდება. შედგება პლაგიოკლაზის კრისტალებისა და რქატყუარიანი დაციტების ნატეხებისაგან. პლაგიოკლაზი საღია, კრისტალების ნატეხებს სხვადასხვა ფორმა აქვს. გვხვდება როგორც მონოკრისტალები, ისე მრჩობლებიც. ნატეხები რქატყუარიანი დაციტებითაა წარმოდგენილი. მათი ზომა 4,5 მმ-ია და ზოგჯერ მეტიც. ნატეხებოუსწორმასწორო ფორმისაა. ზოგჯერ კუთხედით, უფრო ხშირად კი მომრგვალებულია. ახასიათებს პორფირული სტრუქტურა. ძირითადი მასა წვრილკრისტალურია. შედგება პლაგიოკლაზის ლეისტებისა და კვარცის წვრილი კრისტალებისაგან. პორფირულ გამოწყფევებს წარმოქმნის პლაგიოკლაზი და რქატყუარა. პლაგიოკლაზი საღია. ზოგ უბანში შეიმჩნევა სუსტი პელიტიზაცია. $Np' = 1.550$, $Ng' = 1.555$, პლაგიოკლაზი N 43. რქატყუარა შედარებით ცოტაა. კრისტალებს ირგვლივ აკრავს ოპაქიტური გარსი. შეცვლის პროდუქტები მალაი ინტერფერენციული ფერების მქონე ქლორიტით და მადნეული მინერალითაა წარმოდგენილი. ნატეხები შეცემენტებულია პლაგიოკლაზისა და რქატყუარიანი დაციტის წვრილი ნამსხვრევებით. აღწერილი ცემენტი რქატყუარიანი დაციტის ავლომერატულ კრისტალოკლასტურ ტუფს წარმოადგენს.

სოფ. ტბისის მიდამოებში აღწერილ დაციტურ ბრექჩიებში გვხვდება სრულიად განსხვავებული შედგენილობის მუქი რასამნისფერი ქანის მცირე ზომის გამოსავალი. მიკროსკოპის ქვეშ ქანი პორფირული სტრუქტურისაა. ძირითად მასას პლაგიოკლაზის პრიზმული კრისტალები და მიხა შეადგენს. დიდი რაოდენობითაა მადნეული მინერალი. ფენოკრისტალები პლაგიოკლაზის მრჩობლებით ან ინდივიდუალური კრისტალებითაა წარმოდგენილი. არ შეინიშნება არც კვარცი და არც მუქი მინერალი. ქანი პლაგიოკლაზიანი პორფირიტის ბრექჩიულ ლავას წარმოადგენს. როგორც ვხედავთ, იგი განსხვავებულია ზემოთ აღწერილი რქატყუარიანი დაციტებისაგან.

გარდა პეტროგრაფიული შესწავლისა, შესწავლილ იქნა აღწერილი ქანების ქიმიზმიც. ამ მიზნით დასტების გავრცელების სხვადასხვა ადგილიდან შეგარიჩით ნატეხების და ცემენტის ნიმუშები. შესრულებულ იქნა ექვსი სრული სილიკატური ანალიზი, რომელთა შედეგები ცხრილშია მოცემული. იქვე მოგვყავს მდ. ალგეთის ხეობის დაციტის (ბ. ბელიკოვისა და ს. კუზნეცოვის შრომიდან) და დელის საშუალო დაციტის ქიმიური ანალიზები.

ქანების ქიმიური შედგენილობის ანალიზი ნათლად გვიჩვენებს, რომ ისინი თიხამიწით გადაჯერებულ დაციტებს წარმოადგენენ (იხ. დაციტების ქიმიზმის დიაგრამა). ქანების თიხამიწით გადაჯერება ჩვენს შემთხვევაში მათი შეცვლით არის გამოწვეული. ამ საერთო კანონზომიერებებიდან გადახრას იძლევა

ცხრილი
№ 11

დაციტების ქიმიური ანალიზები

რიგითი №№	1	2	3	4	5	6	7	8
ნიმუშის №№	088	088 ¹	234	271	384	389	825	
ქანგეულები	წონითი პროცენტები							
SiO ₂	73,12	67,88	69,76	67,00	52,35	60,00	72,44	65,68
TiO ₂	0,11	0,12	0,10	0,11	0,82	0,12	0,19	0,57
Al ₂ O ₃	16,78	17,48	17,38	18,21	21,65	17,48	15,90	16,25
Fe ₂ O ₃	1,54	2,56	2,09	2,31	10,24	1,49	0,91	2,34
FeO	0,15	0,38	0,23	0,23	0,07	0,19	0,41	1,90
MnO	0,03	კვალი	0,03	0,05	0,22	0,26	0,02	0,06
MgO	0,48	1,18	0,90	1,80	1,56	0,50	0,04	1,44
CaO	3,20	3,72	3,42	3,57	4,46	9,08	3,66	3,46
Na ₂ O	2,02	2,96	3,29	2,81	4,18	2,84	4,12	3,97
K ₂ O	1,87	1,92	2,11	2,06	2,50	2,18	1,65	2,67
BaO	არა	არა	არა	არა	არა	არა	0,03	—
P ₂ O ₅	0,04	0,07	0,05	0,07	0,23	0,04	არა	0,15
SO ₂	0,15	0,08	0,12	0,08	0,10	0,08	—	—
H ₂ O—110°	0,15	1,18	0,67	0,76	1,31	0,34	0,58	1,50
ხურებით ნაკარგი	0,21	0,44	0,29	1,34	0,63	4,90	0,40	—
ჯამი	99,75	99,97	100,84	100,40	100,32	99,50	100,08	99,99

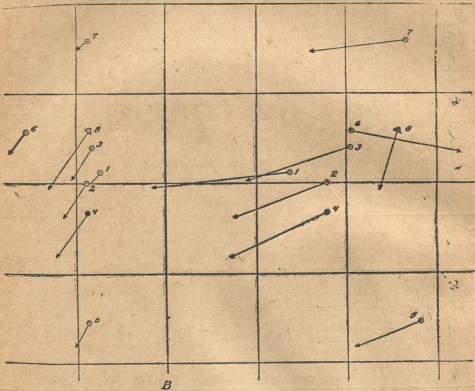
ლიტერატურული წყარო	ქვეყნდება პირველად						ბ. ბელიკოვი ს. კუხნეცოვი	დაციტების საშუალო შედგენილობა დელის მიხედვით
ანალიტიკოსი	ც. ლაბარტყავა						აიზინი	
აღების ადგილი	მდ. ალგეთის ხეობა	მდ. ალგეთის ხეობა	მდ. მიხაილოვკის ხევი	მდ. ხრაშის ხეობა	სოფ. ტბისი	ორბეთის მთა	მდ. ალგეთის ხეობა	

რიცხვითი მახასიათებლები ა. ზავარიცკის მიხედვით

რიგითი №№	ძ ი რ ი თ ა დ ი				და მ ა ტ ე ბ ი თ ი				
	a	c	b	s	f'	m'	c'	a'	n
1	6,8	3,7	9,5	80,0	13,9	8,3		77,8	30,3
2	8,9	4,5	10,0	76,6	25,7	20,3		54,0	69,7
3	10,0	4,1	8,1	77,8	23,0	18,2		57,8	70,7
4	8,9	4,3	11,6	75,2	18,0	26,2		55,8	68,2
5	13,4	4,4	19,9	62,3	46,8	14,2		39,0	71,6
6	10,2	7,8	7,1	74,9	26,3	12,6	61,1		66,2
7	11,3	4,4	2,1	82,2	43,4	3,3		53,3	79,5
8	12,8	4,3	7,0	75,9	55,9	34,3		9,8	68,9



№ 389 ნიმუშის ქიმიური შედგენილობა. სხვა ნიმუშების მსგავსად აქ Al_2O_3 -ის მაღალი პროცენტული შედგენილობა (17,48%) დაცულია. შედარებით შემცირებულია SiO_2 -ის რაოდენობა (60,00%). ძლიერ გაზრდილია CaO -ს პროცენტული შედგენილობა, რაც ქანის გაკარბონატებითაა გამოწვეული. დიაგრამაზე ისრის მარჯვნივ მობრუნება და ამ მობრუნებაში ასახული გადახრა საერთო კანონზომიერებიდან CaO -ს მაღალი პროცენტული შედგენილობითაა გაპირობებული. თუ ჩვენ მიერ შესწავლილი დაციტებისა და დელის საშუალო დაციტის ქიმიზმს შევადარებთ, შემდეგ განსხვავებას დავინახავთ: დელის საშუალო დაციტი დიაგრამაზე ჩვენი ქანების მარჯვნივ ხვდება და თიხამიწითაც ნაკლებადაა გადაჯერებული.



ლაჯიგების ქიმიზმის დიაგრამა
(მასშტაბი 1სმ=2%)

● მო.ხრამის ხეობის დაციტი ○ შპ. ადგეთის ხეობის დაციტები
 x საშუალო დაციტი დელის მიხედვით.

სოფ. ტბისის პლაგიოკლასიანი პორფირიტის ბრექჩიული ლავა ქიმიზმითაც განსხვავდება დაციტებისაგან. მისი ქიმიური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მსგავსად დაციტებისა, ეს ქანიც გადაჯერებულია თიხამიწით, მაგრამ მათგან გან-



სხვაგვებით SiO_2 -ის ნაკლებობისა და Fe_2O_3 -ის სიჭარბის გამო ის დიაგრამაზე დაციტებისაგან ქვევით და მარჯვნივ ხვდება.

ასეთია შესწავლილი ვულკანოგენური დასტების ქიმიური ბუნება. რაც შეეხება მათ ასაკს, პ. გამყრელიძისა და ვ. ედილაშვილის აზრით, ასაკის ზუსტი განსაზღვრა ძნელია, რადგან უშუალოდ ამ წყებაში ფუნა არ ყოფილა ნახული. მაგრამ ავტორები იქვე გამოთქვამენ აზრს, რომ წყება პალეოცენურად უნდა დათარიღდეს, რადგან იგი მიმართებაზე პალეოცენურ ფლიშიში გადადის და ხევიდან ქვედაეოცენური ხალექებით იფარება.

მდინარეების—ხრამისა და ალგეთის ხეობებში გავრცელებული დაციტური ბრექჩიები, რომლებიც ერთმანეთისაგან იზოლირებულნი არიან ახალგაზრდა ლავის ნაკადით, პეტროგრაფიულად, მინერალოგიურად და ქიმიურად სრულიად მსგავსნი არიან. თუ ამ ფაქტებს დასტების ერთსა და იმავე ასაკს და ტერიტორიულურ სიახლოვეს დავუმატებთ, მივიღებთ, რომ აღწერილი ორი იზოლირებული გამოსავალი ფაქტიურად ერთსა და იმავე დასტას წარმოადგენს და ერთი ვულკანური აქტივობით არის წარმოქმნილი.

შესწავლილი პალეოცენური ვულკანოგენური წარმონაქმები აჭარა-თრიალეთის გეოსინკლინისა და სომხეთის ბელტის შეხების ზოლშია გავრცელებული. მისი გეოტექტონიკური მდებარეობა, პეტროგრაფიული და ქიმიური ბუნება შეესაბამება იმ კანონზომიერებას, რომელიც დადგენილ იქნა გ. ძოწენიძის მიერ საქართველოს პალეოგენური ვულკანიზმისთვის: პალეოგენური მაგმური ციკლის პირველი ფაზა გამოვლინდა ქვედა პალეოცენში დაციტური მჟავე ეფუზივების სახით აჭარა-თრიალეთის გეოსინკლინისა და სომხეთის ბელტის საზღვარზე და არა უშუალოდ აჭარა-თრიალეთის გეოსინკლინში. ამიტომ იგი წარმოქმნილი უნდა იყოს გეოსინკლინური მაგმური აუზის ბელტთან შეხების ზოლში მაგმის კონტამინაციის შედეგად წარმოშობილი მჟავე ლავის ამოფრქვევით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოლოგიური ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.6.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Б. П. Беликов. и С. С. Кузнецов. Геолого-петрографическое строение южных склонов Тriaлетского хребта. Материалы по геологии и петрографии ССР Грузии, т. III, М.—Л., 1936.
2. Г. С. Дзоценидзе. Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Институт геологии и минералогии АН ГССР. Монография, № 1, Тбилиси, 1948.



მ. ბერიძე

მდინარე ალგეთის ხეობის პალეოცენოზო-მეოცენოცენოზოი წყების ზედა ნაწილის პეტროგრაფიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ძოწენიძემ 5.6.1959)

1958 წლის ზაფხულში გეოლოგიური ინსტიტუტის სამხრეთ საქართველოს ექსპედიციის ლითოლოგიურმა ჯგუფმა თეთრი წყაროს რაიონში მუშაობისას შეამჩნია თეთრი ფერის კვარციანი ტუფებისა და ტუფბრექჩიების რამდენიმე გამოსავალი; ისინი სოფლების მაწვენისა და გოლთეთის ზოლზე დაახლოებით 80 მეტრის სიმძლავრის დასტას ქმნიან (შრეთა განლაგების ელემენტებია SW 190—240°, Δ 35—40°).

გაშიშვლებების სიმცირის გამო რთულდება ამ ქანების სტრატეგრაფიული მდებარეობის გარკვევა; კარგად ჩანს მხოლოდ, რომ ისინი ახალგაზრდა დოლერიტული ლავებით იფარებიან და სოფ. გოლთეთის ერთ-ერთ გაშიშვლებაში თიხებთან მორიგეობენ. აღნიშნული ზოლის აღმოსავლეთით კიდევ გვაქვს თეთრი ტუფების მცირე ნაჩენები, რომლებიც ფაუნისტურად ქვედა ეოცენის ზედა ნაწილად დათარიღებული თიხების თავზე მდებარეობენ.

ასაკის გარკვევის საქმეში ერთგვარად დაგვეხმარა აგრეთვე მდ. ალგეთის ხეობაში ჩატარებული მარშრუტები: მდ. ალგეთის მარჯვენა ნაპირზე სოფ. ბოგვთან გვაქვს ანალოგიური ტუფების გამოსავალი, სიძლავრით 1,5 მ. სტრატეგრაფიულად უფრო ზევით, მერგელოვან თიხებში შევნიშნეთ აგრეთვე მსგავსი მასალისაგან შემდგარი 1 მ-ის სისქის ტუფოგენური ქანის შრე. ორივე ეს შრე ქვედაეოცენურად დათარიღებული წყების ზედა ნაწილში ექცევა.

მიკროსკოპულმა შესწავლამ დაგვანახვა, რომ მდ. ალგეთის ხეობის ქანები პეტროგრაფიულად სრულიად მსგავსია სოფ. სოფ. მაწვენან-გოლთეთის ზოლის ტუფებისა. ამრიგად, შესაძლებელია ისინი დაახლოებით სინქრონულ წარმონაქმნებად ჩავთვალოთ.

აღსანიშნავია, რომ ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართულებით, სოფ. მაწვენანიდან მდ. ალგეთის კალაპოტისაკენ, ვულკანური მასალის სიმსხო და რაოდენობა მცირდება, რაც მათი სამხრეთიდან მოტანის შესახებ უნდა მეტყველებდეს.

აღნიშნული პიროკლასტოლითების გამოსავლებში მთავარი ადგილი ტუფებს უჭირავთ. ისინი თეთრი ფერისაა, შრეებრივი, ზოგჯერ ზოლებრივი ტექსტურისა. გრანულომეტრიულად ტუფები ძირითადად ალევრიტულია, იშვიათად გამოერევა ფსამიტური ტუფების შუაშრეები. ტუფები მიკროსკოპუ-



ლად შედგებიან მინის, მინერალთა და ქანის ნატეხებისაგან. მინა სალია; მისი გარდატეხის მაჩვენებელი უდრის 1,504—1,506; იგი ქმნის ბაზისს კრისტალებისა და ქანის ნატეხებისათვის. კრისტალები, წარმოდგენილი პლაგიოკლაზით, რქატყუარით, ბიოტიტითა და კვარცით, კუთხედი ფორმისაა. პლაგიოკლაზი მიეკუთვნება ანდეზინის რიგს (№ 30—35). კვარცი შედარებით მცირე რაოდენობით გვხვდება. ქანის ნატეხები წარმოდგენილია დაციტების ძირითადი მასით.

ტუფბრექჩიების ცემენტი აღწერილი ტუფების ანალოგიურია. ბრექჩიული ნატეხები ჩვეულებრივ 3—15 სმ-ის ზომისაა; იშვიათად გვხვდება უფრო მოზრდილი ნატეხებიც ($d=35$ სმ). ნატეხები კუთხედიან ან სუსტად დამუშავებული. შედგენილობით ისინი რქატყუარიან ბიოტიტიან დაციტებს წარმოადგენენ. გარეგნულად შეიძლება გავარჩიოთ შემდეგი სახესხვაობები: 1) თეთრი ფერის პემზისებრი დაციტები; ისინი რაოდენობრივად ნატეხების დაახლოებით 50%-ს შეადგენენ; 2) ნაცრისფერი დაციტები; 3) მურა-მონაცრისფრო დაციტები და ასეთივე ლავური ბრექჩიები; 4) თეთრი ფერის მკვრივი პელიტური ტუფოვანები.

დაციტების ძირითადი მასა მიკროსკოპში ხშირად ვიტროფირულია, იშვიათად მიკროფელზიტური და მიკროგრანულიტური. პირველი სახესხვაობის დაციტებში ტექსტურა ფლუიდურია, მინა სალია ($n=1,504-1,506$), სხვა დაციტებში მინა გათიხებულია, რუხი ფერისა, $n < 1,540$ -ზე. ზოგჯერ ძირითად მასაში შეიმჩნევა ბიოტიტისა და ოლიგოკლაზის მიკროლითები და მიკრომინდალინები ამოვსებული ქალცედონით, ქლორიტითა და ცეოლითით. პორფირული და მიკროპორფირული ჩანართები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით, კვარცით, ბიოტიტით და რქატყუარით. პლაგიოკლაზი მკვეთრად ზონალური აგებულებისაა და რაოდენობრივად გაბატონებულია, მიეკუთვნება ანდეზინის რიგს (№ 35—45). ზოგ შლიფში პლაგიოკლაზი ნაწილობრივ ჩანაცვლებულია ცეოლითით. კვარცი ხშირად კარგად გამოხატულ ბიპირამიდული ჰაბიტუსის კრისტალებს იძლევა, იშვიათად კი შემოლობილია; რქატყუარა მწვანე ფერისაა, $CNg=17-18^\circ$, $2V=(-76^\circ) - (-80^\circ)$, $Ng-Np=0,019$; იგი ზოგჯერ კიდევზე გაოპაციტებულია, ხოლო ცენტრში ჩანაცვლებულია კვარცითა და ქლორიტით. ბიოტიტი ხშირად გალიმონიტებულია.

ამგვარი მუქი მინერალების შემცველი დაციტების ნატეხებიდან რკინა გამოიტანება ლიმონიტის მიკროძარღვების სახით, რის გამოც ნატეხების კიდეზე შეცვლილი ზოლებია წარმოქმნილი.

ლავური ბრექჩიის ნატეხები, სხვა ნატეხებისაგან განსხვავებით, დიდი რაოდენობით შეიცავენ მინდალინებს, ამოვსებულს ქლორიტ-ლიმონიტური მასებით, ეპიდოტითა და კვარცით. პელიტური ტუფების ნატეხებში შეინიშნება ფორამინიფერების კვთები.

ტუფებისა და ტუფბრექჩიების მინერალოგიურმა ანალიზმა დადასტურა პეტროგრაფიული შესწავლის შედეგები. ირკვევა, რომ როგორც ტუფების, ისე ბრექჩიული ნატეხების მძიმე ფრაქციების ძთავარ დამახასიათებელ მინე-

რალს წარმოადგენს რქატყუარა, მდგრადი მინერალებიდან კი — აპატიტი — და ცირკონი. აღწერილი ტუფებისა და ტუფბრექჩიების შემცველი ნალექები წარმოდგენილია ღია მომწვანო-მონაცრისფრო და მოყვითალო ნაცრისფერი კარბონატული ქვიშაქვებისა და ნაცრისფერი მერგელოვანი თიხების მორიგეობით; იშვიათად გამოიჩენება კონგლომერატის ლინზებიც. ისინი თანხმობით აგრძელებენ ქვემდებარე პალეოცენურ დაციტურ პიროკლასტოლითებს და ასევე თანხმობით იფარებიან შუაეოცენური ანდეზიტური შედგენილობის ვულკანოგენებით. პალეოცენურ-ქვედაეოცენური წყების ამ ნაწილის სიმძლავრე მდ. ალგეთის ხეობაში დაახლოებით 600 მეტრია.

ტუფებისა და ტუფბრექჩიების ქვემდებარე ალვერიტულ-ფსამიტური ქვიშაქვები მიკროსკოპულად შედგება კრისტალების, ქანის ნატეხებისა და ცემენტისაგან. კრისტალები წარმოდგენილია ძირითადად პლაგიოკლაზით, რომელიც კუთხედი ფორმისაა და სალი; იგი ხშირად პოლისინთეტურადაა დამარობილი, იშვიათად კი ზონალურია. სიმეტრიული ჩაქრობის კუთხის (28°) მიხედვით პლაგიოკლაზი ლაბრადორს (№ 55) მიეკუთვნება. ქვიშაქვების ზოგ სახესხვაობაში გაბატონებულია ქანის ნატეხები; დიდი რაოდენობით გვაქვს სხვადასხვა ძირითადი მასის (მიკროლითური, მიკროგრანულიტური, მიკროფელზიტური) მქონე დაციტების, აგრეთვე მერგელებისა და პორფირიტის ნატეხები. იშვიათად აღინიშნება კრისტალური კარბონატი, კვარცი, მუქი მწვანე ქლორიტული მასები, დამრგვალებული ცირკონი და შეცვლილი ვულკანური მინა.

ცემენტი ალავ კონტაქტურია, ალავ ფორების ამოვსების ტიპისა და წარმოდგენილია ძირითადად კარბონატით, რომელიც ხშირად გალიმონიტებულია.

სოფ. ბოგვის ტუფის მომდევნო ფორამინიფერებიან მერგელოვან თიხებში შეინიშნება ბიოტიტის, რქატყუარისა და პლაგიოკლაზის სრულიად სალი და დაუმუშავებელი კრისტალები. ამავე თიხებში გამოიჩენება აგრეთვე აღწერილი ტუფების ანალოგიური მასალისაგან შემდგარი ტუფოგენური ქანი. სტრატეგრაფიულად უფრო ზევით ნალექებში ბიოტიტი და კვარცი სრულიად ისპობა, რქატყუარის რაოდენობა თანდათან იკლებს და მთავარ ადგილს ავგიტი და ლაბრადორი იკავებს. ეს უკვე შუაეოცენური ვულკანოგენური წყების დასაწყისს უნდა გვიჩვენებდეს.

საინტერესოა ის გარემოება, რომ დაახლოებით ანალოგიური პეტროგრაფიული სურათი აღწერა გ. ძოწენიძემ [2] ბორჯომისა და მაიაკოვსკის რაიონის სინქრონული ნალექებისათვის. ტუფოგენური ქანები ამ რაიონებში პირობითად ქვედა ეოცენის ზედა და შუა ეოცენის ქვედა ნაწილებს მიეკუთვნებიან. მჟავე ვულკანური მასალა, წარმოდგენილი ოლიგოკლაზ-ალბიტით, რქატყუარით და კვარცით, ყოველთვის დაკავშირებულია ტუფური წყების ქვედა ნაწილთან. აქაც წყების ზედა ნაწილში კვარცი მთლიანად ისპობა, რქატყუარა მცირდება და მათ ადგილს ავგიტი და ლაბრადორი იკავებს. მსგავსი დასკვნები აქვს მიღებული ს. ლევეჩენკოს [3] თრიალეთის ქედის ჩრდილო აღმოსავლური ნაწილის ლითოლოგიურ-პეტროგრაფიული შესწავლით.



შესწავლილი ტუფები და ტუფბრეჭიები პეტროგრაფიულად მდ. ალგეთის ხეობის პალეოცენური დაციტური პიროკლასტოლითების მსგავსი აღმოჩნდნენ (მცირედი განსხვავება იმით გამოიხატება, რომ სოფ. სოფ. მაწევან-გოლთეთის ტუფბრეჭიები მდიდარია კვარცის ბიპირამიდული ჰაბიტუსის ფენოკრისტალებითა და ბიოტიტით).

ეს მსგავსება დასტურდება აგრეთვე სოფ. გოლთეთის ტუფისა და პალეოცენური დაციტის ქიმიზმის შედარებით.

სოფ. გოლთეთის ტუფის ქიმიური ანალიზი

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	BaSO ₄	სინესტე	გაზ. და- ნაჟ.	ანალიტიკოსი
59,81	0,12	1,788	1,97	0,15	3,57	1,65	2,46	1,18	0,02	კვლი	0,06	აზა	5,89	4,09	ც. ლაბარტაევა

რიცხვითი მახასიათებლები ა. ზავარიცკის მიხედვით

ნიმუშის რაობა და აღების ადგილი	a	c	b	s	a'	m'	n	Q
1. სოფ. გოლთეთის ტუფი	7,8	4,7	13,7	73,8	63,8	22,2	75,5	+27,1
2. სოფ. ტბისის დაციტი (გელ- ლოგ გ. შიქაძის მასალიდან)	8,9	4,5	10,0	76,6	54,0	20,3	69,7	+30,9

ცნობილია [1,2], რომ აპარა-თრიალეთის გეოსინკლინში პალეოცენურმა ვულკანიზმმა თავისი განვითარების მაქსიმუმს შუაეოცენურ დროში მიაღწია მძლავრი ანდეზიტური ეფუზიებისა და მათი პიროკლასტოლითების სახით. ამ ვულკანიზმის საწყისი—მეაფე ფაზა. გ. ძოწენიძის აზრით, პალეოცენში ვა-მოვლინდა რქატყუარიანი დაციტების სახით სომხეთის ბელტისა და აპარა-თრიალეთის გეოსინკლინის საზღვარზე (მდ. ალგეთის ხეობა). როგორც ჩანს, გარკვეული ხნით შესუსტების შემდეგ მეაფე ვულკანიზმი ამ ზონაში კვლავ განახლდა და მივიღეთ რქატყუარიან-ბიოტიტოანი დაციტების ტუფები და ტუფბრეჭიები. სტრატეგრაფიულად ზევით ნალექებში შეინიშნება პირველადი მეაფე მასალის თანდათან კლება და ფუძე მასალის გაბატონება; უნდა დავეუშვათ, რომ ფუძე ვულკანური მასალა აღნიშნულ გარდამავალ ზონაში უკვე აპარა-თრიალეთის გეოსინკლინიდან მოდიოდა.

დასასრულ უნდა შევხვთ კიდევ ერთ საკითხს. მდ. ალგეთის ხეობაში წარმოდგენილი ქვედაეოცენური ტუფებისა და ტუფბრეჭიების სამხრეთ-დასავლეთით 5 კმ-ზე, სოფ. სამშვილდესთან, გაშიშვლებულია რქატყუარიან-ბიოტიტოანი დაციტის სხეული, რომელიც გ. დულუნაშვილის (1948) მიერ სომხეთის ბელტის ზედაცარტული ვულკანოგენური წყების სინქრონულად არის მიჩნეული.

ამ მკვლევარის შრომიდან ჩანს, რომ დაციტის სხეული კვეთს ქვედაკამპანური ასაკის ძირითადად ფუძე შედგენილობის პიროკლასტოლითებს და ახალგაზრდა დოლერიტული ლავებით იფარება. ქვედაკამპანური პიროკლასტოლითების მომდევნო ნალექები (ზედაკამპანური, მაასტრიხტული და დანიური) ამავე რაიონის სხვა კრილებზე წარმოდგენილია კირქვებით, რომლებშიც მხოლოდ იშვიათად გვაქვს ვულკანიზმის ნიშნები. ამ ფაქტების საფუძველზე ვფიქრობთ, რომ სამშვილდის დაციტი ზედაცარცულ წყებაზე ახალგაზრდა უნდა იყოს.

მეორე მხრივ, ჩვენ მიერ აღწერილი ტუფები და ტუფბრექჩიები პეტროგრაფიულად ძლიერ ემსგავსება სამშვილდის დაციტს. განსაკუთრებით საყურადღებოა ორივეგან კვარცის მოზრდილი, ბიპირამიდული ჰაბიტუსის კრისტალთა არსებობა.

ანგვარად, შესაძლებლად მიგვაჩნია, რომ სამშვილდის დაციტი მდ. ალგეთის ხეობის ქვედაოცენური პიროკლასტოლითების მომცემი ვულკანის ფესვს წარმოადგენდეს. ამ მოსაზრების სასარგებლოდ მეტყველებს აგრეთვე ქვედაოცენურ ნალექებში ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართულებით პიროკლასტური მასალის კლების ფაქტი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოლოგიური ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 6.6.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Институт геологии и минералогии АН ГССР. Монографии, № 2. Тбилиси, 1940.
2. Г. С. Дзоценидзе. Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Институт геологии и минералогии АН ГССР. Монографии, № 1. Тбилиси, 1948.
3. С. В. Левченко. Геологическое строение северо-восточных склонов Триалетского хребта и литологическая характеристика слагающих его пород. Мат. по геол. и петр. Грузии, вып. 3. Труды Совета по изуч. произ. сил АН СССР сер. Закавказ. 1936.

ბ. მისნი

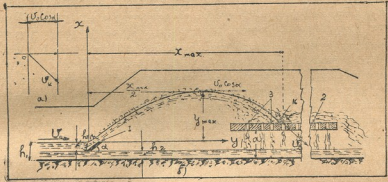
დიდპანაგობიან სწრაფდენეზზე ბრძივი ტალღების ჩამჭრობი
ტალღამჭრელების ანბარიშისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. თნიაშვილმა 24.12.1959)

ფსკერის ქანობის გარკვეული მნიშვნელობებისათვის, სწრაფდენეზში წარმოიქმნება სითხის მოძრაობის ტალღური რეჟიმი; ამ რეჟიმის დროს სითხე სწრაფდენის გასწვრივ გადაადგილდება პერიოდული ტალღების სახით.

შრომაში [1] ჩვენ მიერ წარმოდგენილი იყო ამ ტალღების ჩაქრობის ხერხი, სპეციალური ჩამჭრობი ტალღამჭრელების მეშვეობით და ზოგიერთი მოსაზრება ტალღაწარმოქმნის კრიტერიუმისა და საანგარიშო სქემების შესახებ.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ჩამჭრობი ტალღამჭრელის სქემატიზებული კეტი.



ნახ. 1

h_1 საერთო სიღრმის მქონე ტალღოვანი ჭავლი, მიმართულების მიმკემ „დანასთან“ (1) მისვლისთანავე განშრეგდება— h_0 სისქის მქონე ნაკადის თხემოვანი ნაწილი „დანით“ აიტაცება, მიდინების u_0 სიჩქარის ზეგავლენით გადაადგილება პაერში და დავარდება ამალღებული სიმქისის ფილაზე (1), რომლიდანაც ნახვრეტებით (3) ბრუნდება უკან სწრაფდენში; ჩვედა კი, თხემქეშა h_2 სისქის მქონე ნაწილი, ვაივლის „დანისა“ და ფილის ქეშ. იმის წყალობით, რომ ტალღოვანი ჭავლის თხემოვანი ნაწილი ამალღებული სიმქისის ფილაზე გავლის შემდეგ კარგავს თავისი სიჩქარის ნაწილს და შედის უკან სწრაფდენში სიჩქარით, რომელიც უახლოვდება ჭავლის თხემქეშა ნაწილის სიჩქარეს, ტალღები ქრება და შემდგომ ნაკადი გადაადგილდება სწრაფდენში მძიფრი, მაგრამ უტალღო სახით.

თეთრიზევის პესის სწრაფდენზე აგებული ასეთი კონსტრუქციის ჩამჭრობა ტალღამჭრელის შეიღწლიანი ექსპლუატაციის გამოცდილებამ ნათელჰყო ასეთი გადაწყვეტის სრული მიზანშეწონილობა.

ძირითად მონაცემებს დაპროექტებისათვის, ვარდა შრომაში [1] მოყვანილია და ამდღებულ სიმქისის ფილის ზედა კიდეს შუა, ამ ფილის დაყენების სიმაღლე სწრაფდენის ფსკერის მიმართ, ნაკადის წნევის ძალა, მოქმედი მიმართ „დანაზე“ და წყლის წნევის ძალა, მოქმედი ფილაზე, როდესაც მასზე დაეკრება ჭავლის თხემოვანი ნაწილი.

მექანიკაში ცნობილი გადაწყვეტის საფუძველზე [2], სითხის ელემენტარული სეკუნდური მასის (რომელიც მოძრაობს ჰორიზონტისადმი α კუთხით დახრილი v_0 სიჩქარისა და სიმძიმის ძალის ზეგავლენით), ტრაექტორიის განტოლებას, პარამეტრიულ ფორმაში, შემდეგი სახე აქვს

$$x = v_0 t \cos \alpha, \quad (1)$$

$$y = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 t \sin \alpha. \quad (2)$$

დროის გამორიცხვით მივიღებთ

$$y = -\frac{1}{2} \frac{g x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

სადაც x და y ტრაექტორიის მიმდინარე კოორდინატებია g კი სიმძიმის ძალის აჩქარება. ეს განტოლებები ჰიდრაულიკაში საფუძვლად ედება კონსოლურ წყალსადენებზე სითხის მოძრაობის საკითხების გადაწყვეტას [3].

შემთხვევაში, რომელსაც ვიხილავთ, ეს განტოლება გვაძლევს საშუალებას გავარკვიოთ ჭავლის გადასროლის მანძილი და ისი ამდღებება, თუ ცნობილია „დანის“ დახრის კუთხე ჰორიზონტთან, ე. ი. სიჩქარის ვექტორის ϑ მიმართულება და მისი სიდიდე ჭავლის „დანაზე“ შესვლის მომენტში.

ნაკადის თხემოვანი ნაწილის მიმართი „დანის“ ჰორიზონტთან დახრის კუთხე ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ ჭავლის ტრაექტორია (3), „დანაზე“ შესვლის სიჩქარის მოცემული მნიშვნელობისათვის უდიდესი იყოს.

აბსცისების მნიშვნელობანი აღწევენ ექსტრემუმს ორდინატა $y = 0$ მნიშვნელობისათვის; ამიტომ, თუ განტოლების (3) მარჯვენა მხარეს ნულს დავუტოლებთ და მიღებულ კვადრატულ განტოლებას ამოვხსნით x -ის მიმართ, მივიღებთ

$$x_1 = 0 \quad x_2 = \frac{2 v_0^2 \cos \alpha \operatorname{tg} \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2 \alpha}{g}. \quad (4)$$

ამრიგად, ჭავლის გარბენის სიგრძის მაქსიმუმის გამორკვევა დაიყვანება გამოსახულება (4) ექსტრემალური მნიშვნელობის პოვნაზე კუთხე $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$ ზღვრების ფარგლებში.

ფუნქცია $\sin 2 \alpha$ აღწევს უდიდეს მნიშვნელობას, როდესაც $\alpha = \frac{\pi}{4}$; ვა-

მოსახულების (4) მეორე წარმოებულის კუთხით α ალებისა და მასში $\alpha = \frac{\pi}{2}$

მნიშვნელობის ჩასმით, მივიღებთ

$$\frac{d^2 x}{d \alpha^2} = -\frac{4 v_0^2}{g} < 0.$$

რამდენადაც მეორე წარმოებულის ეს მნიშვნელობა ნულზე ნაკლებია (4) ფუნქციას აქვს მაქსიმუმი.

ამ ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობა ტოლია

$$X_{max} = X_{\alpha=\pi/4} = \frac{v_0^2}{g} \quad (5)$$

ამაღლებული სიმაღლის ფილის დაყენების სიმაღლე სწრაფდენის ფსკერის მიმართ (a ნახ. 1-ზე) დამოკიდებულია ჰაერის ამოტყორცნის მრუდის (3) მაქსიმალური ორდინატისაგან.

ამ მრუდის ორდინატები უდიდეს მნიშვნელობას აღწევს, როდესაც

$$\frac{dy}{dt} = 0.$$

მაშინ განტოლება (2) დან გამომდინარეობს

$$-gt + v_0 \sin \alpha = 0;$$

აქედან

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (6)$$

თუ ჩავსვამთ ამას (2) განტოლებაში, მივიღებთ

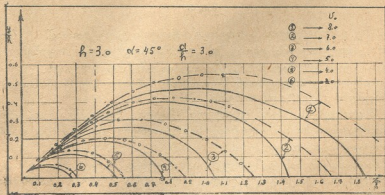
$$y_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (7)$$

$\alpha = \frac{\pi}{4}$ მნიშვნელობისათვის გვექნება

$$y_{max} = \frac{v_0^2}{4g} = \frac{X_{\alpha=\pi/4}}{4} \quad (8)$$

მნიშვნელობები (4), (5), (7), (8) მიღებულია ვარაუდით, რომ მოძრაობა წარმოებს სიცარილეში, ე. ი. სითხე არ განიცდის ჰაერის მხრივ წინაღობას.

ამ ხარვეზის ნაწილობრივ შეესებების მიზნით აგჯობის მიერ სამგორპისის შუენებლობის სამმართველოს ლაბორატორიაში დაყუებულ იქნა სპეციალური ცდები.



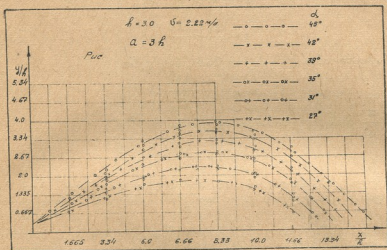
ნახ. 2



ამ ცდების ძირითადი შედეგები მოყვანილია ქვემოთ. ცდები ტარდებოდა მინისკვდლებიან ღარში, რომლის ფსკერის ქანობი რეგულირებადი იყო.

ნახ. 2, 3-ზე მოყვანილია ამ ექსპერიმენტების ზოგიერთი მონაცემი, რომლებიც თვისებადი დასკვნების საშუალებას იძლევა; ღერძებზე დატანილია ჭავლის პარაბოლების წერტილების კოორდინატები უზომილო სიდიდეებში, რომლებიც მიღებულია ექსპერიმენტული მონაცემების ჭავლის სიღრმესთან შეფარდებით.

ნახ. 2 და 3-ის განხილვა ნებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ „დანასთან“ მიმავალი ჭავლის სიჩქარის სიდიდე და „დანის“ სიგრძე მოძრაობის მიმართულებით, თუ უცვლელია x_{max} და y_{max} სიდიდეები, პროპორციონალურია ჭავლის ამოტყორცნის α კუთხისა, მაგრამ მათი ცვლილების კანონი განსხვავებულია (4), (5), (7) და (8) გამოსახულებათაგან მიღებული მნიშვნელობებისაგან.



ნახ. 3

ნახ 2-ზე გამოხატულია სახასიათო ჭავლის ტრაექტორიები, როდესაც უცვლელია: ამოტყორცნის კუთხე α , „დანის“ სიგრძე და მოდინების სიღრმე—ჭავლის „დანაზე“ შედინების სხვადასხვა სიჩქარეებისათვის.

ექსპერიმენტულ მრუდებთან შედარების მიზნით იქვე მოყვანილია თეორიული მრუდები (წყვეტილი ხაზები).

ნახ. 3 გვიჩვენებს, რომ უცვლელი ჭავლის მიდინების სიჩქარისა და „დანის“ მოძრაობის მიმართულებით, სიგრძისათვის x_{max} და y_{max} დამოკიდებულია ამოტყორცნის α კუთხეზე.

ცდების მონაცემების დამუშავება საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ ეს მონაცემები დამაკმაყოფილებლად შემოიკვება შემდეგი სახის დამოკიდებულებებით:

$$x_{max} = v_0^2 \left(\frac{\sin 2\alpha}{g} - C_x v_0 \right), \tag{9}$$

$$y_{max} = v_0^2 \left(\frac{\sin 2\alpha}{2g} - C_y v_0 \right). \quad (10)$$

ისინი განსხვავდებიან (5) და (8) დამოკიდებულებებისაგან წვევრებით $C_x v_0^2$ და $C_y v_0^2$, რომლებიც აღრიცხავენ ჰაერის წინაღობას მასში მოძრაობისთვისადმი.

სწრაფდენებში ტალღოვანი მოძრაობისას სიჩქარეების ჩვეული დიაპაზონისათვის $v_0 = (5 \div 12) \frac{\text{მეტ}}{\text{სექ}}$ ნახევრად ემპირიული (9) და (10) გამოსახულებათა კოეფიციენტებისა, ცდების მონაცემების თანახმად, მნიშვნელობაა — $C_x = 0.002$ და $C_y = 0.0003$.

„დანის“ დაყენების ადგილიდან ფილის წინა კიდემდე მანძილის გასარკვევად იმ შემთხვევაში, როდესაც „დანა“ ჰორიზონტისადმი დახრილია ოპტიმალური კუთხით $\alpha = 45^\circ$, იმის მხედველობაში მიღებით, რომ სითხის ჰაერში მოძრაობის სიჩქარე აღწევს უმცირეს მნიშვნელობას, როდესაც

$x = \frac{x_{max}}{2}$ და $y = y_{max}$, შეიძლება ვისარგებლოთ დამოკიდებულებებით

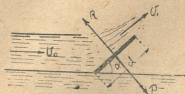
$$l = \frac{v_0^2}{2} \left(\frac{\sin 90^\circ}{g} - 0.002 \right) = v_0^2 (0.05 - 0.001 v_0), \quad (11)$$

და

$$y_{max} = v_0^2 (0.025 - 0.0003 v_0). \quad (12)$$

აქ „დანის“ და ამალღებულის სიძქისის ფილის წინა კიდის შუა მანძილია, დამოკიდებულება (11) განსხვავდება ადრე [1]-ში მოცემულისაგან მეტი სიზარტით, რაც მნიშვნელოვანია პრაქტიკული გამოყენებისათვის. ამასთან ერთად, რადგან იგი დაფუძნებულია დიდი მოცულობის ცდებით დაგროვილ მასალაზე, იძლევა ამ სიდიდის დაზუსტებულ მნიშვნელობებს.

განვიხილოთ ძალები, რომლებსაც განიცდის „დანა“ მასზე ტალღოვანი ნაკადის თხემოვანი ნაწილის შესრბოლვის დროს (იხ. ნახ. 4).



ნახ. 4

თუ მივიღებთ, რომ ნაკადის თხემოვანი ნაწილის (შრი სისქით h_0) „დანასთან“ შეჯახების შემდეგ მთლიანად იცვლის თავის მიმართულებას α კუთხით, ამასთან თავისი სიდიდის შეუივრელიად (ი. ი. $v_0 = v_1$) და აგრეთვე იმის დაშვებით, რომ ჰაერის გაგლა „დანის“ ფარგლებში (მოძრაობის მიმართულებით) წარმოებს ხახუნზე კარვების აო ყოფნით (ე. ი. რეაქციის ძალას არა აქვს ტანგენციალური შემდგენი), შეგვიძლია რეაქციის ძალა, როლი სიდიდით და მიმართულებით წინააღმდეგი წნევის ძალისა „დანაზე“, ასე გამოვსახოთ:



$$-R = P_d = m_0 v_0 \sin \alpha = \rho v_0^2 \sin \alpha = \frac{\gamma}{g} (bh_0 + mh_0^2) v_0^2 \sin \alpha.$$

(რეაქციის ძალა ტოლია „დანაზე“ შესრბოლილი სითხის სექუნდური მასის მოძრაობის რაოდენობის გეგმილისა ამ დანის სიბრტყისადმი ნორმალზე).

აქ $m_0 = \rho a v_0$ სითხის სექუნდური მასაა, $\rho = \frac{\gamma}{g}$ — სითხის სიმკვრივე, γ — სითხის მოცულობითი წონა, g — სიმძიმის ძალის აჩქარება, b — „დანის“ სიგრძე წყლის მოძრაობისადმი პერპენდიკულარული მიმართულებით, m — სწრაფდენის კედლის ფერდის განლაგების კოეფიციენტი და $w = (bh_0 + mh_0^2)$, h_0 სისქის წყლის შრის ცოცხალი კვეთი (h_0 სიდიდე შეგვიძლია გამოვსახოთ „დანის“ მოძრაობის მიმართულებით, სიგრძის მეშვეობით $h_0 = d \sin \alpha$, იხ. ნახ. 4). თუ h_0 მნიშვნელობას ჩავსვამთ და ვაწარმოებთ რამდენიმე მარტივ გარდაქმნას, „დანაზე“ წნევის ძალის გამოხატულება შეგვიძლია დავიყვანოთ ასეთ სახეზე:

$$P_d = -R = \frac{\gamma v_0^2 d \sin^2 \alpha}{g} (b + md \sin \alpha). \quad (13)$$

„დანის“ ჰორიზონტისადმი ოპტიმალურად მიღებული α -ს მნიშვნელობისათვის გამოხატულება (13) მიიღებს სახეს

$$P_d = 51 v_0^2 d (b + 0.707 md). \quad (14)$$

ზემოთ მიღებული დაშვება „დანაზე“ შესვლის და მისგან გადინების სიჩქარეების ტოლობის შესახებ აპოსტულირებს დარტყმის არყოფნას, მაგრამ ჭავლის მიერ „დანის“ განვლის დროს, რომელთანაც დაკავშირებულია მოძრაობის მიმართულების შეცვლა, უდავოდ ექნება ადგილი რაღაც სიჩქარის კარგვას და მას შეუძლია, დარტყმის მოკლე ხანგრძლივობის გამო, შეაპირობოს მექსული ძალის სასრულო ცვლილება.

„დანის“ ანგარიშის დროს ეს გარემოება აუცილებლად უნდა იყოს მიღებული მხდველობაში მარაგის კოეფიციენტის სახით, რომლის მნიშვნელობა სწრაფდენებში არსებულ სიჩქარეებთან $v_0 = (5 \div 12) \frac{მეტ}{სეკ}$ შეფარდებით ტოლია $K_0 = 1.5 \div 2.0$.

წინაა, რომელსაც განიცდის ამალღებული სიმქისის ფილა მასზე დაცემული წყლის მასის მიერ, პრობორციული იქნება ამ მასის ნაწარმოებისა სიჩქარეზე მისი ფილაზე დაცემის მომენტში; ამ მასის (ფილაზე დაცემის მომენტში) სიჩქარის სიდიდე და მიმართულება ჭავლის ტრაექტორიის ნებისმიერ წერტილში (იხ. ნახ. 1), რომელიც განლაგებულია $x_k \cong \frac{x_{max}}{2}$ მანძილზე, გამოირკვევა სიჩქარეების ჰოდოგრაფის საშუალებით, რომელიც ამ შემთხვევაში გამოხატული იქნება ორდინატების ლერძის პარალელური წრფე ხაზით, რომელიც კოორდინატების ცენტრიდან $x_0 \cos \alpha$ სიდიდით არის დაშორებული (იხ. ა) ნახ. 1).

თუ დავეშვებით, რომ ამ ამალღებული სიმქისის ფილის სწრაფდენის დარის ფსკერის მიმართ დაყენების სიმაღლე შერჩეულია ისე, რომ ჭავლი ეცემა



ფილაზე ტრაექტორიის K წერტილში და, თუ მოვითხოვთ, რომ ჰაველმა ფილაზე დაცემის შემდეგ საფეხებით დაკარგოს თავისი სიჩქარე, სისტემის მოძრაობის რაოდენობის ცვლილება შეგვიძლია ამ სახით ჩავეწეროთ:

$$Mv_x + o = P_{ფ.} T, \quad (15)$$

სადაც M სითხის მასაა, T —წნევის ძალის $P_{ფ.}$ მოქმედების დროის ხანგრძლივობაა და v_x —ტრაექტორიის K წერტილში ნაკადის სიჩქარე.

თუ განტოლების ორივე მხარეს შევუფარდებთ დროის ერთეულს $t=1$ სექ., მივიღებთ

$$v_x \frac{M}{t} = P_{ფ.} \frac{T}{t}$$

ამ ტოლობაში $\frac{M}{t} = m_0$ ფილაზე შემავალი სითხის სეკუნდური მასაა,

ხოლო $\frac{T}{t} = \tau$ წნევის ძალის ხანგრძლივობაა სეკუნდებით.

ამ მნიშვნელობების განტოლებაში (15) შეტანის შემდეგ მივიღებთ $m_0 v_x = P_{ფ.} \tau$, საიდანაც

$$P_{ფ.} = \frac{m_0 v_x}{\tau}$$

ამ გამოსახულებაში სითხის სეკუნდური მასის მნიშვნელობის ჩასმით მივიღებთ

$$P_{ფ.} = \frac{\gamma v_0 (bh_0 + mh_0^2) v_x}{g\tau}$$

ნაკადის ფილაზე უმცირესი სიჩქარით შესვლის უზრუნველყოფის მიზნით ფილის დაყენების სიმალზე უნდა შეირჩეს ჰავლის მაქსიმალური ამალღების y_{max} მიახლოებულად; ჰავლის ტრაექტორიის წერტილებისათვის, რომელთა ორდინატები უახლოვდება y_{max} , შეგვიძლია მივიღოთ $v_x \cong v_0 \cos \alpha$.

ამ შემთხვევაში, თუ დავუშვებთ, რომ ჰავლი ფილაზე შესვლის მომენტში გაიშლება (მოძრაობის მიმართულებით) ჰავლის თხემოვანი ნაწილის ტოლ სივანზე, წყლის წნევა ფილაზე ამ სახით განისაზღვრება:

$$P_{ფ.} = \frac{P_{ფ.}}{F_{ფ.}} = \frac{\gamma v_0 (bh_0 + mh_0^2) v_0 \cos \alpha}{g\tau bh_0} = \frac{\gamma v_0^2 (b + mh_0) \cos \alpha}{g\tau b}, \quad (16)$$

სადაც $F_{ფ.}$ ფილის ფართობი წყლის დაცემის ზონაში და P წნევაა.

$\alpha = 45^\circ$ კუთხის მიღებული მნიშვნელობისათვის, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ $\gamma = 1000 \frac{\text{კგ}}{\text{მეტ}^3}$, მივიღებთ

$$P_{ფ.} = \frac{72 v_0^2 (b + mh_0)}{g\tau} \quad (17)$$

გამოსახულებები (16) და (17) მიღებულია ტრაპეციოიდალური კვეთის სწრაფდენებისათვის. სწორკუთხოვანი კვეთის ლარებისათვის (16) და (17) მაგივრად მივიღებთ

$$P_{ფ.} = \frac{\gamma v_0^2 \cos \alpha}{g\tau}, \quad (18)$$

$$P_{ფ.} = \frac{72 v_0^2}{\tau}. \quad (19)$$

მოყვანილი ფორმულები საშუალებას გვაძლევს გავარკვიოთ ძირითადი ძალები და დატვირთვები, რომლებიც წარმოიქმნება სწრაფდენებში გრძივი ტალღების ჩაქრობი ტალღამჭრელებით ჩაქრობის დროს, და მათი ნაწილების, ჩაქრობის მუშაობის მაქსიმალური ეფექტის მიღწევის თვალსაზრისით, ოპტიმალური ურთიერთგანლაგება.

დასკვნები

1. ყველა შემთხვევაში, როდესაც სწრაფდენში საანგარიშო ხარჯების გატარების დროს წარმოიქმნება სითხის მოძრაობის ტალღოვანი რეჟიმი, არსებობს შესაძლებლობა ამ ტალღების ჩაქრობისა ჩაქრობი ტალღამჭრელების მოწყობის მეშვეობით.

2. წარმოდგენილი კონსტრუქციის ჩაქრობი ტალღამჭრელები არის გრძივი ტალღების ჩაქრობის საიმედო და ეკონომიური საშუალება.

3. შრომაში წარმოდგენილი საანგარიშო ხერხები შესაძლებლად ხდის წარმოვიდგინოთ სწრაფდენებზე გრძივი ტალღების ჩაქრობის ოპტიმალური პირობები, გავარკვიოთ ჩაქრობი ტალღამჭრელების ცალკეული ელემენტების ზომები და მათი ურთიერთგანლაგება, აგრეთვე ვიპოვიოთ მსჯელობა იმ ძალებისა და დატვირთვების შესახებ, რომლებიც წარმოიქმნება ჩაქრობი ტალღამჭრელების მუშაობის პროცესში.

ვინტერის სახელობის
 ნავებთათა და ჰიდროტენერგეტიკის
 თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი
 ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 18.12.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. В. Месхи. О гашении продольных волн на быстротоках гидроэлектростанций. Энергетическое Строительство, № 4, 1958.
2. Л. Г. Лоймянский, А. И. Лурье. Курс Теоретический Механики. ОГИЗ, Гостехиздат, 1948.
3. И. И. Агроскин, Г. Т. Дмитриев, Ф. И. Пикалов. Гидравлика. Госэнергоиздат, 1950.
4. Н. А. Картвелишвили. Волнообразование на быстротоках. Известия АН СССР, Отд. техн. наук, № 1, 1955.
5. Е. П. Федоров. Об образовании волн на быстротоках. Гидротехническое Строительство, № 3, 1954.
6. К. И. Арсенишвили. Изучение набегающих волн на гидротехнические сооружения. Гидротехническое Строительство, № 1, 1955.

ტელემეჰანიკბ დბ ავტომატობ

6. კბლბტოზობვილი, ბ. ნადირბკბ დბ რ. მბზრბლიზობვილი

ტელემეგბზომვის დისკრბტული სისტემბ ტელემეგბრტვისბ დბ ტელემეგბნლიზბციის უკონტბკტო მოწყობილობის გბმოყენებობ

(წბრმოადგინბ აკადემიის წვებრკორესკონდენტბბ ო. ონიბშვილბბ 30.9.1959)

ბმ ბოლო დროს სსრ კავშირში ტელემბრთვისბ დბ ტელესიგნბლიზბციის უკონტბკტო მოწყობილობების შეკმნბ კეთილსასურველ პერსპექტივებს უკმნის მბთ გბმოყენებბს ტელემეგბზომვის მიზნებისბთვის. ერთ-ერთი დამბხბსბითებელი თვისებბ ბმ მოწყობილობებისბ მბთი მოკმედების უწყვეტობბბ, მბშინ როცბ ტელემბრთვისბ დბ ტელესიგნბლიზბციის კონტბკტური დბნბდგბრები მოკმედებენ მბოლოდ ტელემეჰბნიზებული ობიექტის მდგომბრეობის შეცვლის შემბთხვევბში. ამრიგბდ, სბხბლბო მეურნეობბში გბმოყენებული კონტბკტური ტელემეჰბნიკური მოწყობილობები უვბრგისბ ტელემეგბზომვის მიზნებისბთვის, ვინბიდბნ ყოველგვბრი ცვლილებბ გბსბზომბ სიდიდისბ, გბმოიწვევს მოწყობილობის ბმუშბებბს, რბც მბსში მობრბვი ელემენტების ბრსებობის გბმო ბმ უკბნბსკენლს ვბდბზე გბცილებობი ბდრე გბმოიყვბნს წყობიდბნ.

შემობ ბლწვერილ პბრობებში ტელემეგბზომვის სისტემბ ბუცილებლბდ უნდბ იყოს დისკრბტული, რბდგბნ მბოლოდ ბმ შემბთხვევბში შეიბძებბ გბმოყენებბ ტელემბრთვისბ დბ ტელესიგნბლიზბციის მოწყობილობისბ, რომელიც თვისბი ბრსბით დისკრბტულიბ.

მოცემული ტელემეგბზომვის სისტემბ უწყვეტბდ ცვლბდ გბსბზომ სიდიდეს გბრდბკმნის დისკრბტულბდ, რის შემდებვბც მბს მიმდებ მზბრზე გბბგბზბნის ზვეულბრბივი გბზობ ტელესიგნბლიზბციის გბდბცემის ბნბლოგიურბდ. სბკბრობბ ბდინბშნოს, რომ მიზბნშეწონილი ბრ ბრის გბსბზომბ ცვლბდი სიდიდის. ყოველი დისკრბტული მნიშვნელობის გბდბცემისბთვის გბმოყენებულ იქნეს ბბთობეული ელემენტი ტელემეჰბნიკური მოწობილობის გბნმბნბწილებლისბ. მბრბთლბც, ბუ გბვბთვბლისწინებობ, რომ ბბთქმის ყოველი გბმზომბ ხელსბწყოს სკბლბ შეიბცბვს 30÷50 დბნბყოფს, დბ ტელემეგბზომვის სბზუსტედ მივიჩნევებ ხელსბწყოს ერთ დბნბყოფს, მბშინ ტელემეგბზომვის მბთელი დბბბზონის გბდბსბცემბდ სბკბრობ იქნებობდ გბნმბნბწილებლის 30—50 ელემენტის გბმოყენებბბ.

ტელემეგბზომვისბთვის გბმოყენებული გბნმბნბწილებლის ელემენტების რბბოდენობის შემკბირებისბთვის პბრველბდი გბმზომბ ხელსბწყოს მიერ ნბწვენები ბნბთვბლი გბრდბბქმნებბ თვლის ორობობი სისტემბბში, რის გბმოც მოწყობილობბს ემბტებბ სპეცბბლური კვბნძბ—მშიფრბვი; ტელემეგბზომვის მიმდებ მზბრზე კბ ბდრბცხვის ორობობბი სისტემბბთ მილებული სიდიდებები გბმშიფრბ-



ვის საშუალებით უნდა გარდაიქმნას ისე, რომ მისი წაკითხვა ადვილად მოხერხდეს.

ამრიგად, ტელეგაზომვის მთელი სისტემა შედგება შემდეგი ნაწილები-საგან: გადამცემი, მიმღები და ტელემართვის მოწყობილობა. რაც შეეხება უკანასკნელს, არ მოგვყავს რა მისი აღწერა [1], შეიძლება მხოლოდ აღინიშნოს, რომ მას შესავალზე ვაწოდებთ ინფორმაციას ტელეგაზომვის გადამცემისაგან, ხოლო მიმღებ მხარეზე ტელემართვის მოწყობილობის გამოსავალი მიერთებულია ტელეგაზომვის მიმღების წრედთან.

ტელეგაზომვისათვის საჭირო ტელემართვისა და ტელესიგნალიზაციის მოწყობილობის განმანაწილებლის ელემენტების რაოდენობა უდრის ორობითი აღრიცხვის თანრიგების რაოდენობას. გაზომვის 50 წერტილისათვის იგი განისაზღვრება შემდეგი ტოლობიდან: $2^k = 50$, საიდანაც: $k \approx 6$. ქვემოთ მოყვანილია გადამცემისა და მიმღების აღწერილობა.

გადამცემში მიმწოდებლად შეიძლება გამოიყენოთ ელექტროლ ან არა-ელექტროლ სიდიდეთა გამზომი ნებისმიერი ხელსაწყო ისრის კუთხური შემობრუნებით. ასეთ ხელსაწყოს უკანა მხრიდან მიედგმის მისადგმელი. ეს მისადგმელი შედგება დისკოს, რომელიც პერფორირებულია ორობითი სისტემის მიხედვით, დისკოს ერთ მხარეზე მოთავსებული ექვსი ფოტოდიოდისა და ფოტოდიოდების საწინააღმდეგოდ დისკოს მეორე მხარეზე მოთავსებული ექვსი საკომუტატორო ნათურისაგან. მისადგმელის დისკო დაკავშირებულია პირველადი გამზომი ხელსაწყოს ღერძთან, რის გამოც უკანასკნელის კუთხური შემობრუნება გადაეცემა დისკოს. ვინაიდან ფოტოდიოდები და ნათურები უძრავადაა დამაგრებული, დისკოს შემობრუნება იწვევს ფოტოდიოდების განათებას და მათში დენის გავლას. ნახევარგამტარული ტრიოდით გაძლიერებული ფოტოდენი მართავს ტრიოდს, რომელიც ჩართულია როგორც გასაღები მართვისა და სიგნალიზების უკონტაქტო მოწყობილობის განმანაწილებლის დატვირთვის წრედში.

მოყვანილ სისტემაში პირველადი გამზომი მოწყობილობის ჩვენება გარდაიქმნება გრეის ორობით კოდად [2]. ჩვეულებრივი ორობითი სისტემის გამოყენება ტელეგაზომვის მოყვანილი მოწყობილობისათვის მიზანშეუწონელია, რადგან ვადასვლამ რომელიმე რიცხვითი თანრიგიდან სხვა თანრიგზე შეიძლება გამოიწვიოს უხეში შეცდომა, რაც შეიძლება თავიდან აგვეცილოს მხოლოდ ბლოკირების დაშატებითა სქემამ.

მიმღები ხელსაწყო შედგება დეშიფრატორისა და ჩვეულებრივი მიმღები ხელსაწყოთაგან—მილიამპერმეტრისაგან. დეშიფრატორი მეტად მარტივია და წარმოადგენს ექვს კონტაქტურ რელესა და ამდენსავე წინალობას, რომლის შერჩევა ხდება იმ ანგარიშით, რომ მომდევნო თანრიგის წინალობა ორჯერ ნაკლებია წინამდებარე თანრიგის წინალობაზე.

კონტაქტური რელეები გრეის კოდს გარდაქმნიან ორობით სისტემად. წინალობანი რელეების კონტაქტების საშუალებით სხვადასხვა კომბინაციით უერთდებიან გამზომ ხელსაწყოს და უზრუნველყოფენ ჩვენების ნორმალურ ათვლას.

ტელეგაზომვის აღწერილი სისტემის ყველაზე მნიშვნელოვან ღირებულებას უნდა ჩაითვალოს, რომ არ საჭიროებს კავშირის სპეციალურ არხს, რადგან ტელემართვისა და სიგნალიზების მოწყობილობის არხს იყენებს; ამას გარდა, მისი უპირატესობაა სიიაფე და საქარხნო დამზადების აპარატურის გამოყენება.

ტელეგაზომვის მოყვანილ სისტემას არ გააჩნია ტელეგადაცემის ცდომილება და ნაკლებადაა დამოკიდებული კავშირის არხის მდგომარეობაზე.

გაზომვის სასურველი სიზუსტე შეიძლება მიღებულ იქნეს გასაზომ დიპაზონში დისკრეტული წერტილების რიცხვის შერჩევით.

უნდა აღინიშნოს, რომ იმ შემთხვევაშიც კი, როცა საჭიროა განხორციელდეს მხოლოდ ტელეგაზომვა, ე. ი. არ არსებობს მართვისა და სიგნალიზების მოწყობილობის გამოყენების შესაძლებლობა და საჭიროა მოწყობილობის დამზადება მხოლოდ ტელეგაზომვისათვის, მოყვანილი სისტემა მაინც სარგებლობს უპირატესობით ტელეგაზომვის სხვა მოწყობილობების წინაშე.

როგორც აღწერილობიდან ჩანს, ტელეგაზომვის მოყვანილი სისტემა უკონტაქტოა; გამონაკლისს წარმოადგენს დეშიფრატორის რამდენიმე რელიე; თუმცა ამჟამად შექმნილია და მთავრდება გამოცდა სქემისა, რომელიც აღნიშნულ კონტაქტურ რელიებს შეცვლის უკონტაქტო ელემენტებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელე-

მექანიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მიუვლიდა 30.9.1959)

დავოწმებელი ლიტერატურა

1. В. А. Жижикашвили и И. В. Прангишвили. Бесконтактное телемеханическое устройство на феррит-диодных ячейках. Труды научно-технического совещания по вопросам разработки и производства аппаратуры телемеханики. 1958.
2. В. И. Рыжов. Устройства преобразования непрерывных величин в коды и кодов в непрерывные величины. Автоматическое управление и вычислительная техника. Труды совещания, проведенного в марте 1957 г. Москва, 1958.

სამთო საქმე

ი. ჯანჯღავა

გვირაბის გაყვანთა კომპლექსური რგოლის შემადგენლობის
ანალიტიური განსაზღვრა

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ფ. თავაძემ 8.6.1959)

გვირაბის გაყვანის დაგეგმარების დროს გაყვანთა რგოლის შემადგენლობის განსაზღვრას ამჟამად აწარმოებს დამგეგმარებელი არა რაიმე თეორიული გაანგარიშების, არამედ საკუთარი გამოცდილებისა და ინტუიციის საფუძველზე, რაც ყოველთვის სასურველ შედეგს არ იძლევა. პროფ. ნ. პოკროვის ფორმულა, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს შპურების სიღრმესა და ციკლის ხანგრძლივობას, წარმოადგენს გაყვანის ციკლის ელემენტების თეორიული გაანგარიშების საკითხის განვითარების პირველ საფეხურს, მაგრამ მასში არ ისმება გაყვანთა რგოლის შემადგენლობის განსაზღვრის ამოცანა. ეს ამოცანა პირველად დასვა ი. ტიხომიროვმა [1] და ამდენად მის მიერ გამოყვანილი ფორმულა ერთგვარ ინტერესს წარმოადგენს. მაგრამ ი. ტიხომიროვის სტატიაში განხილულია გაყვანის სამუშაოთა ორგანიზაციის მხოლოდ ერთი სქემა — შპურების ბურღვისა და ქანის დატვირთვის თანმიმდევრული წარმოება ამ სამუშაოებთან გამაგრებისა და სხვა ოპერაციების შეთავსებისას.

გაყვანთა რგოლის შემადგენლობის ანგარიში უნდა გამოძინარეობდეს იმ პირობიდან, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს ციკლის მინიმალური ხანგრძლივობა ისე, რომ ადვილი არ ჰქონდეს გაყვანთა მოცდენებს სანგრევში.

განვიხილოთ გვირაბის გაყვანა ერთგვაროვან ქანებში (მთლიანი სანგრევით) ბურღვა-აფეთქებებით სამუშაოებით. გაყვანის ციკლის ძირითად პროცესებად მივიღოთ: 1. შპურების ბურღვა, 2. დამუხტვა-აფეთქება, 3. ქანის აწმენდა-დატვირთვა, 4. გამაგრება. სხვა წვრილმანი დამხმარე ოპერაციები ანგარიშის სიმარტივისათვის არ მოგვეყვას.

ამ შემთხვევაში შეიძლება განვიხილოთ გაყვანის სამუშაოთა წარმოების შემდეგი პრინციპული ორგანიზაციული სქემები:

- I. ყველა ოპერაციის თანმიმდევრული შესრულება;
 - II. გამაგრების შეთავსება (მთლიანად ან ნაწილობრივად) ბურღვასთან და დატვირთვისთან, ამ უკანასკნელთა თანმიმდევრული შესრულებისას;
 - III. გამაგრების შეთავსება (მთლიანად ან ნაწილობრივად) ბურღვასთან და დატვირთვისთან ამ უკანასკნელთა ნაწილობრივი შეთავსებისას.
- I სქემა ჩვენი სტატიის თვალსაზრისით არ წარმოადგენს ინტერესს, რადგან ამ შემთხვევაში გაყვანთა რგოლის შემადგენლობა მარტივად განისაზღვრება; ამიტომ ამ სქემას არ განვიხილავთ.

ნახ. 1-ზე მოგვეყვას II და III სქემების სამუშაოთა წარმოების განზოგადებული გრაფიკები.

აღნიშვნები გრაფიკზე:

N —გამყვანთა რგოლის მთლიანი შემადგენლობა;

B —იმ მბურღავების რაოდენობა, რომლებიც მუშაობენ შეუთავსებლად დატვირთვისთან;

B' —იმ მბურღავების რაოდენობა, რომლებიც მუშაობენ დატვირთვის დროს;

Π —დატვირთვაზე მომუშავეთა რაოდენობა;

K' და K'' —გამწვანებელთა რაოდენობა სხვადასხვა პერიოდში.

მივიღოთ შემდეგი დამატებითი აღნიშვნები:

T_{II} —ციკლის ხანგრძლივობა, ცვლებით;

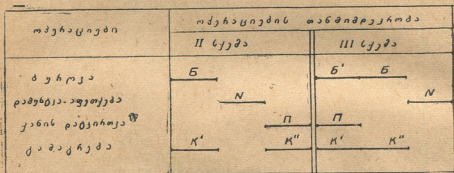
V_{II} —გაყვანის სამუშაოთა მოცულობა ციკლში, კაც-ცვლებით;

V_{II} —დატვირთვის სამუშაოთა მოცულობა ციკლში, კაც-ცვლებით;

V_0 —ბურღვის სამუშაოთა მოცულობა ციკლში, კაც-ცვლებით;

V_K —გამწვანების სამუშაოთა მოცულობა ციკლში, კაც-ცვლებით;

V_{BSP} —დამუხტვა-აფეთქების სამუშაოთა მოცულობა ციკლში, კაც-ცვლებით.



ნახ. 1

ციკლის ხანგრძლივობა შეიძლება გამოისახოს ასე (II სქემისას):

$$T_{II} = \frac{V_{II}}{N},$$

საიდანაც შეგვიძლია განვსაზღვროთ გამყვანთა რგოლის შემადგენლობა

$$N = \frac{V_{II}}{T_{II}}.$$

მეორე მხრივ,

$$T_{II} = t_0 + t_{II} + t_{BSP},$$

სადაც:

t_0 —ბურღვის ხანგრძლივობა;

t_{II} —დატვირთვის ხანგრძლივობა;

t_{BSP} —დამუხტვა-აფეთქების ხანგრძლივობა.

ეს სიდიდეები შეიძლება შემდგენაირადაც გამოისახოს:

$$t_6 = \frac{V_6}{B};$$

$$t_n = \frac{V_n}{\Pi};$$

$$t_{\text{ვპ}} = \frac{V_{\text{ვპ}}}{N}.$$

ამის გათვალისწინებით,

$$N = \frac{V_n - V_{\text{ვპ}}}{\frac{V_6}{B} + \frac{V_n}{\Pi}} = \Pi B \frac{V_n - V_{\text{ვპ}}}{\Pi V_6 + B V_n}. \quad (1)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ სიდიდე Π პრაქტიკულად უცვლელია ცარიელი და დატვირთული ვაგონების მანევრების გარკვეული სქემისა და მოცემული დამტვირთავი მანქანისათვის, მაშინ (1) ფორმულის საშუალებით შეიძლება მოინახოს გამყვანთა რგოლის შემადგენლობა N მბურღავთა ამა თუ იმ რაოდენობისათვის. მბურღავთა რაოდენობა კი განისაზღვრება სამთო-ტექნიკური პირობებით (გვირაბის კვეთი, საბურღი მანქანის ტიპი და სხვა).

თუ გავყოფთ (1) გამოსახულებს მარჯვენა ნაწილის მრიცხველსა და მნიშვნელს ერთსა და იმავე სიდიდეზე V_n მივიღებთ

$$N = \Pi B \frac{1 - K_{\text{ვპ}}}{K_6 \Pi + K_n B}. \quad (2)$$

აქ: $K_{\text{ვპ}}$, K_6 და K_n წარმოადგენენ შესაბამისად დამუხტვა-აფეთქების, ბურღვისა და დატვირთვის საშუალოთა ხვედრით მოცულობებს (ცალკეული ოპერაციების სამუშაოთა მოცულობის შეფარდებას საერთო სამუშაოთა მოცულობასთან).

ერთგვაროვან ქანებში გვირაბების ჩქაროსნული გაყვანის მრავალრიცხოვანი მაგალითების (50-მდე) ფაქტობრივი გრაფიკების ავტორის მიერ ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე მიახლოების საკმარისი სიზუსტით შეიძლება მივიღოთ, რომ

$$K_{\text{ვპ}} = 0,1; K_6 = K_n = 0,25$$

მივიღოთ $\Pi = 3$ და $\Pi = 6$ (შესაბამისად ერთი და ორი დამტვირთავი მანქანის მუშაობის დროს).

ვისარგებლოთ ამ მონაცემებით (2) ფორმულის ანალიზისათვის, რომელიც წარმოადგენს გვირაბის გამყვანთა კომპლექსური რგოლის შემადგენლობის ანალიტიურ გამოსახულებას ზოგადი სახით. ანალიზის შედეგები მოგვყავს I ცხრილში.

ცხრილი 1

B		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	$\Pi = 3$	2,7	4,3	5,4	6,2	6,8	7,2	7,6	7,8	8,1	8,3
	$\Pi = 6$	3,1	5,4	7,2	8,6	9,8	10,8	11,6	12,4	13,0	13,5



როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, N -ის მნიშვნელობები გამოდის არამთელი. უნდა მივიღოთ უახლოესი უმცირესი მთელი მნიშვნელობები. ეს მნიშვნელობები ყველა შემთხვევაში საანგარიშო მნიშვნელობიდან განსხვავდება არა უმეტეს 10%-ით, რაც შეიძლება დაეუშვათ ნორმების გადაჭარბების გათვალისწინებით.

ამავე ცხრილიდან ვასკვნით, რომ, თუ მბურღავთა რაოდენობა 7-ზე მეტია (ერთი დატვირთვი მანქანის მუშაობისას), მაშინ კომპლექსური რგოლის ერთი ან ორი წევრი „ზედმეტი“ აღმოჩნდება დატვირთვის პროცესში, ე. ი. ადგილი ექნება შრომის ნაყოფიერების დაცემას რგოლის წევრთა არასრული დატვირთვის გამო. ამ შემთხვევაში უნდა მივიღოთ მბურღავთა ისეთი რიცხვი, რომელიც არ აღემატება საანგარიშო N -ს. რგოლის წევრთა რაოდენობის განსაზღვრისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ აგრეთვე გამაგრების პროცესის დატვირთვისთან შეფასების ტექნიკური შესაძლებლობა მოცემულ პირობებში. ასე, მაგალითად, როდესაც $B=7$ და, მაშასადამე, N -იც უნდა მივიღოთ 7, გამაგრების პროცესი მთლიანად უნდა შეუთავსდეს დატვირთვის პროცესს: 3 კაცი იმუშავენ დატვირთვაზე, ხოლო 4—გამაგრებაზე; თუკი $B=4$ და, მაშასადამე, $N=6$, მაშინ გამაგრებაზე იმუშავენ ბურღვის პროცესში 2 კაცი, ხოლო დატვირთვის პროცესში — 3.

მოყვანილი ანალიზი შეეხება იმ შემთხვევას, როდესაც $K_6 = K_n = 0,25$ და $K_{\text{ვპ}} = 0,1$.

სამუშაოთა ხვედრითი მოცულობების სხვა თანაშეფარდებისას ზემოთ მოყვანილ ცხრილში რიცხვების მნიშვნელობები რამდენადმე შეიცვლება, მაგრამ რგოლის შემადგენლობის განსაზღვრის პრინციპი უცვლელი რჩება.

ახლა განვიხილოთ სამუშაოთა წარმოების III სქემა, როდესაც ადგილი აქვს ბურღვის შეთავსებას დატვირთვის ოპერაციასთან. აღვნიშნოთ Π' მუშათა ის რაოდენობა, რომლებიც ერთდროულად მუშაობენ დატვირთვასა და ბურღვაზე. ამ რაოდენობას ვუწოდოთ მტვირთავთა პირობითი რიცხვი. შეიძლება დავწეროთ, რომ

$$\Pi' = \Pi + B'$$

B' შეიძლება განსაზღვროთ დატვირთვისა და შეთავსებული ბურღვის ერთნაირი ხანგრძლივობის პირობიდან

$$t_{B'} = t_n$$

ანუ

$$\frac{\varphi V_6}{B'} = \frac{V_n}{\Pi'}$$

სადაც φ არის ბურღვის შეთავსების კოეფიციენტი დატვირთვისთან (შეთავსებული ბურღვის სამუშაოს შეფარდება ბურღვის სამუშაოთა მთელ მოცულობასთან).

აქედან:

$$B' = \varphi \frac{V_6 \Pi}{V_n} = \varphi \frac{K_6 \Pi}{K_n},$$

ხოლო

$$\Pi' = \Pi + \varphi \frac{K_6 \Pi}{K_n}. \quad (3)$$

ამის გათვალისწინებით და (2) ფორმულის ანალოგიურად ვწერთ

$$N = \Pi' B \frac{1 - K_{\text{ვპ}}}{(1 - \varphi) K_6 \Pi' + (K_n + \varphi K_6) B}. \quad (4)$$

განხილული III სქემა იდეალურია, ხოლო რეალურად შეთავსებულ მდგომარეობაში მისი შესაძლებელია დატვირთვის ხანგრძლივობის მხოლოდ ერთ ნაწილში, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე (ვარიანტები I და II).

ოპერაციები	მოქმედების თანმიმდევრობა	
	I ვარიანტი	II ვარიანტი
ბურჯა	$B' \rightarrow B$	$B' \rightarrow B$
დამხრება-აფეთქება	N	N
ქანის დაბკირივა	Π	Π
კამაჩრება	$K' \rightarrow K'' \rightarrow K'''$	$K'' \rightarrow K' \rightarrow K'' \rightarrow K'''$

ნახ. 2

ამ შემთხვევაშიც რგოლის შემადგენლობის განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ (4) ფორმულით იმ განსხვავებით, რომ თუ იდეალური სქემის დროს Π' იყო ორი რეალური სიდიდის ჯამი — მტვირთავებისა და პარალელურად მომუშავე მბურღავების რაოდენობისა, რეალური სქემის დროს Π' იქნება ჯამი მტვირთავთა რეალური რაოდენობისა და მბურღავთა ფიქტიური რაოდენობისა — B' . ეს უკანასკნელი მიიღება იმ პირობით, თითქოს შეთავსებული ბურღვა წარმოებს დატვირთვის მთელი ხანგრძლივობის განმავლობაში, რასაც სინამდვილეში ადვილი არა აქვს. რამდენადაც სინამდვილეში შეთავსებული ბურღვის ხანგრძლივობა დატვირთვის ხანგრძლივობაზე ნაკლებია, შეთავსებული ბურღვის გარკვეული სიდიდის დროს შეთავსებულ მბურღავთა რეალური რაოდენობა მეტი იქნება B' -ზე სიდიდით, რომელიც შეესაბამება შეფარდებას

$$\varphi_t = \frac{t_{\Pi}}{t_{B'}}$$

ეს შეფარდება ცნობილი იქნება კონკრეტული პირობებისათვის. ამრიგად, შეთავსებულ მბურღავთა რეალური რაოდენობა I და II ვარიანტებისას იქნება

$$B' = B'' \frac{t_{\Pi}}{t_{B'}}$$

სადაც

$$B'' = \varphi \frac{V_6 \Pi}{V_n}$$

სხვაობა ($B' - B''$) უნდა მიემატოს გამმავრებელთა საანგარიშო რაოდენობას დატვირთვის ბურღვასთან შეუთავსებელ პერიოდში (K'') და გამოაყლდეს გამმავრებელთა საანგარიშო რაოდენობას დატვირთვის ბურღვასთან შეთავსების პერიოდში (K').

გამოყენილი ფორმულები საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ გამყვანთა რგოლისა და ბრიგადის შემადგენლობა ერთგვაროვან ქანში ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოებით გვირაბის გაყვანისას, თუ ცნობილი იქნება ცალკეულ სამუშაოთა მოცულობები და ხვედრითი მოცულობები. ხვედრითი მოცულობების თანაფარდობა წარმოადგენს სამთო-ტექნიკური პირობების ფუნქციას და შე-



იდლება რეგულირებულ იქნეს ისეთი პარამეტრების შერჩევით, როგორცაა
შპურების სიღრმე, დამტვირთავი და საბურღი მანქანების ნაყოფიერება, გამაგ-
რების ტიპი. ამ ელემენტებსა და სამუშაოთა ხვედრით მოცულობებს შორის
ფუნქციონალური დამოკიდებულების დადგენა გააადვილებს მოყვანილი ფორ-
მულებით სარგებლობას და ამდენად წარმოადგენს განხილული საკითხის განვი-
თარების მომდევნო საფეხურს.

ცალკე კვლევის საგანს წარმოადგენს აგრეთვე სხვადასხვა ოპერაციების
ურთიერთშეთავსების მიზანშეწონილობის საკითხი და აგრეთვე ფ და ფ₂ სიდი-
დეების დადგენა სხვადასხვა სამთო-ტექნიკურ პირობებში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

სამთო საქმის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.6.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. А. Тихомиров. Журнал „Шахтное строительство“, № 9, 1957.

პარაზიტოლოგია

ი. ელიავა

აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგბიერთი სასოფლო-სამეურნეო
კულტურის ფიტონემატოდეზის ფაუნის შესწავლის
საპრობლემური

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდაძემ 24.7.1959)

საქართველოს ფიტონემატოდეზის შესწავლის შესახებ არსებული მონაცემების სიძვირე [1] კიდევ ერთხელ უსვას იახს იმ აუცილებლობას, რომ გეგმაზომიერად უნდა იქნეს შესწავლილი ნემატოდეზის ფაუნა, გამოვლინდეს უფრო მეტად პათოგენური ფიტოპლემინთები და აღირიცხოს მათ მიერ გამოწვეული დანაკარგი ჩვენი რესპუბლიკის სოფლის მეურნეობაში. ამ მოსაზრებებზე დაყრდნობით, ჩვენ მიზნად დავისახეთ პირველ რიგში შეგვესწავლა აღმოსავლეთ საქართველოს ფიტონემატოდეზის ფაუნა.

მასალებს ვიღებდით შვიდი პუნქტიდან: თბილისი—კრწანისის საჯიშე საბჭოთა მეურნეობა, დიღომი—მერძვეეობა-მებოსტნეობის საბჭოთა მეურნეობა, გარდაბანი—მეხილეობა-მებოსტნეობის საბჭოთა მეურნეობა, მარნეული—სტალინის სახელობის კოლმეურნეობა, ლაგოდეხი — „ვიტიში“, დმანისი—კუიბინევიის სახ. კოლმეურნეობა, ბოლნისი — სტალინის სახ. კოლმეურნეობა.

1956—1958 წწ. მანძილზე ჩვენი გამოკვლევის ობიექტს წარმოადგენდა საქართველოში ძველთაგანვე ფართოდ გავრცელებული ძალყურძენასებრთა ოჯახის კულტურები [1]: პომიდორი—*Lycopersicon esculentum* Mill., ბადრიჯანი—*Solanum melongena* L., წიწიკა—*Cephalanthus annuus* L., თამბაქო—*Nicotiana glauca* L., კარტოფილი—*Solanum tuberosum* L. სხვადასხვა ავტორთა აზრით, აღნიშნული კულტურები ხშირად ავადდება პათოგენური ფიტოპლემინთებით, რის გამოც საგრძნობლად ეცემა მოსავლიანობა [3, 8, 9, 10, 12, 13].

მასალები პომიდორიდან ავიღეთ თბილისსა და დიღომში, ბადრიჯანიდან და წიწიკიდან—გარდაბანში, თამბაქოიდან—მარნეულსა და ლაგოდეხში, კარტოფილიდან—დმანისსა და ბოლნისში. მასალის აღებისას და დასუშავებისას ესარგებლობდით ოდნავ შეცვლილი, ჩვენი მიერ ადრე აღწერილი [1] საერთოდ მიღებული მეთოდებით. ყოველი ნიმუში შეიცავდა მცენარეული ქსოვილის ან ნიადაგის ერთნაირ მოცულობას, ამიტომ შეიძლებოდა მოგვეჩინა მიღებული მონაცემების რაგორც თვისობრივი, ისე რაოდენობრივი შეფარდებების შედარება.

ვიღებდით რა მხედველობაში კაუზალური ფაუნისტიკის მნიშვნელობას [6], ვცდილობდით შეძლებისდაგვარად გამოგვეჩვენებინა სტაციონარული გამოკვლევის მეთოდი, თუმცა გვერდი არ აგვივლია არც აღწერილობითი (რეგისტრაციული) მეთოდისათვის, — იმდენად, რამდენადაც ეს მეთოდი საქართველოს ფიტონემატოდეზის ფაუნის შესწავლის დასაწყის ეტაპზე უდაოდ შეასრულებს თავის როლს. სტაციონარული გამოკვლევის მეთოდით შევისწავლეთ ნემატო-



ღების ფაუნა თბილისში, დილოში, გარდაბანში, მარნეულსა და დანარჩენ პუნქტებში მასალა ერთხელ ავიღეთ. ამასთან ერთად, ლაგოდეხის რაიონში გალიან ნემატოდებზე შეგამოწმეთ 8 კოლმეურნეობა, სადაც ეს პათოლოგიური ფიტოჰელმინთი არ იქნა რეგისტრირებული.

სტაციონარული მეთოდით მასალას ვიღებდით ყოველ 15—18 დღეში. სულ აღნიშნულ კულტურებზე ავიღეთ 825 სინჯი. თითოეული სინჯი შეიცავდა ფოთლებს და ღეროს (ერთად), ფესვებს და რიზოსფეროს ნიადაგის მასალას. კარტოფილის შესწავლისას მასალას ვიღებდით ფესვეიდან და ტუბერებიდან ერთად და მხოლოდ ცალკეულ შემთხვევებში სადილი ტუბერსა და სტოლონებს გამოეყოფდით ცალკე სინჯად.

სინჯების საერთო რაოდენობიდან ნემატოდებისაგან თავისუფალი აღმოჩნდა ფესვების 24,4% (201 სინჯი) და მიწისზედა ორგანოების 76,5% (631 სინჯი). ნიადაგის სინჯების უმრავლესობაში გვხვდებოდა ნემატოდები (89%). ნემატოდებისაგან თავისუფალი ნიადაგის სინჯები ძირითადად აღნიშნულია ლაგოდეხში, მარნეულსა და დმანისში. იმ პუნქტებში, სადაც აღინიშნა გალიანი ნემატოდა, ნემატოდებისაგან თავისუფალი ნიადაგის სინჯების რაოდენობა ძალზე მცირე იყო.

სულ ჩვენ მიერ რეგისტრირებულია ნემატოდების 94 ფორმა, საიდანაც 69 გარკვეულია სახეობამდე, დანარჩენი 25 ფორმა—მხოლოდ გეარამდე¹. სახეობამდე გარკვევას ხელს უშლიდა სინჯებში სქესობრივად მოუძვინფებელი ნემატოდების არსებობა. აღნიშნული ნემატოდები განეკუთვნება 30 გეარს, 15 ოჯახს და 4 რიგს. 1 ცხრილში პარამანოვის მიერ [4] შეძობებული ეკოლოგიური ჯგუფების მიხედვით, მოცემულია ჩვენ მიერ რეგისტრირებული ნემატოდების სია. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ფიტოჰელმინთებს მიეკუთვნება 30 ფორმა, ეუსპარობიონტებს—20, დევისპარობიონტებს—17, პარარიზობიონტებს და ნიადაგის თავისუფალ ფორმებს—27.

ცხრილიდან ჩანს, რომ ნემატოდების ყველაზე დიდი რაოდენობა რეგისტრირებულ იქნა პომიდორში (70 ფორმა). ამ ფაქტის ახსნა იმით შეიძლება, რომ მასალა პომიდორიდან აღებულ იქნა არა მარტო ღია, არამედ კრწანისის საჯიშე მეურნეობის სათბურის ნიადაგიდანაც, სადაც მკინარეები მელოიდოგინოზით იყო დაავადებული. ღია ნიადაგიდან აღებულ მთელ რიგ სინჯებში პომიდორზე რეგისტრირებულ იქნა ღეროს ნემატოდა—*Ditylenchus dipsaci*. პომიდორზე რეგისტრირებული ნემატოდების საერთო რაოდენობიდან ფიტოჰელმინთებს ეკუთვნის 21 ფორმა, ეუსპარობიონტებს—15, პარარიზობიონტებსა და ნიადაგის თავისუფალ ფორმებს—18.

ბლარიჯანზე რეგისტრირებულ იქნა: 10 ფიტოჰელმინთი, 10 ეუსპარობიონტი, 11 დევისპარობიონტი, 9 პარარიზობიონტი და ნიადაგის თავისუფალი ფორმა. წიწკაზე აღმოჩნდა: 9 ფიტოჰელმინთი, 3 ეუსპარობიონტი, 10 დევისპარობიონტი, 11 პარარიზობიონტი და ნიადაგის თავისუფალი ფორმა. თამბაქოდან აღებული მასალა შეიცავდა 41 ფორმას, რომელთაგან ფიტოჰელმინთებს მიეკუთვნება 17, ეუსპარობიონტებს—3, დევისპარობიონტებს—10, პარარიზობიონტებს და ნიადაგის თავისუფალ ფორმებს—11. კარტოფილის მასალაზე რეგისტრირებულია 15 ფიტოჰელმინთი, 6 ეუსპარობიონტი, 9 დევისპარობიონტი, 10 პარარიზობიონტი და ნიადაგის თავისუფალი ფორმა.

⁽¹⁾ ნემატოდები გარკვეულ იქნა პროფ. ა. პარამანოვის ხელმძღვანელობით.

აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის
ნემატოდოფაუნის სახეობრივი შედგენილობა

ნემატოდების დასახელება	მცენარის დასახელ. და ნემატოდ. ლოკალიზაციის ადგილი														
	პომიდორი			ბადრიჯანი			წიწკა			თამბაქო			კარტოფილი		
	ფოთლები და ლერო	ფესვები	ნიადაგი	ფოთლები და ლერო	ფესვები	ნიადაგი	ფოთლები და ლერო	ფესვები	ნიადაგი	ფოთლები და ლერო	ფესვები	ნიადაგი	ფოთლები და ლერო	ფესვები	ნიადაგი
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ფიტოპლანტები															
<i>Aphelenchus avenae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Aphelenchoides tenuicaudatus</i>		+	+			+	+		+	+					+
<i>Aphelenchoides parietinus</i>			+	+							+	+			
<i>Aphelenchoides bicaudatus</i>			+	+							+	+	+		+
<i>Aphelenchoides helophilus</i>	+	+	+			+	+			+	+	+	+		
<i>Aphelenchoides subtentis</i>			+	+			+					+			
<i>Aphelenchoides demani</i>			+	+									+		
<i>Aphelenchoides longicollis</i> (?)			+												
<i>Aphelenchoides clarolineat.</i> (?)	+	+											+		
<i>Aphelenchoides sp. a</i>															+
<i>Aphelenchoides sp. b</i>															+
<i>Ditylenchus destructor</i>								+	+	+					+
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	+	+	+				+	+	+						+
<i>Ditylenchus intermedius</i>			+	+			+					+			+
<i>Ditylenchus sp.</i>				+								+			+
<i>Jotonchium sp.</i>			+	+								+			
<i>Meloidogyne marioni</i>			+	+		+	+								
<i>Neotylenchus abulbosus</i>			+	+								+			
<i>Paraphelenchus pseudoparietinus</i>			+	+			+		+	+		+			
<i>Paraphelenchus tritici</i>			+	+		+	+		+	+					+
<i>Paratylenchus macrophallus</i>												+			
<i>Pratylenchus pratensis</i>			+	+		+	+		+	+					+
<i>Pratylenchus sp.</i>												+			
<i>Rotylenchus multicinctus</i>												+			+
<i>Rotylenchus robustus</i>			+	+								+			+
<i>Tylenchus filiformis</i>				+								+			+
<i>Tylenchus sp. a</i>				+		+			+	+		+			+
<i>Tylenchus sp. b</i>												+			+
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>				+								+			+
<i>Tylenchorhynchus sp.</i>												+			+
ფესაპრობიონტები															
<i>Diploscapter coronata</i>			+	+			+		+	+		+			
<i>Diploscapter rhyzophilus</i> (?)															
<i>Diploscapter sp.</i>															+
<i>Diplogaster lheritieri</i>	+	+	+			+	+							+	+
<i>Diplogaster nudicapitatus</i>			+	+			+								+
<i>Diplegaster winchesi</i>			+	+			+								+
<i>Diplegaster minor</i>			+	+											+
<i>Diplogaster sp.</i>			+	+											+
<i>Rhabditis demani</i>			+	+											+
<i>Rhabditis elegans</i> (?)				+											+
<i>Rhabditis aspera</i>				+											+
<i>Rhabditis brevispina</i>			+	+		+	+								+
<i>Rhabditis lambdiensis</i>			+	+											+
<i>Rhabditis teres</i>			+	+		+									+

ცალკეულ კულტურებზე აღინიშნა სპეციფიკური პათოგენური ეფექტის ფიტოპელმინთები: პომიდორზე და ბადრიჯანზე — გალიანი ნემატოდა (*Meloidogyne marioni*), წიწკაზე და ცალკეულ შემთხვევებში პომიდორზეც — ღეროს ნემატოდა (*Ditylenchus dipsaci*), კარტოფილზე (სინჯების 18%) — კარტოფილის ღეროს ნემატოდა (*Ditylenchus destructor*). თამბაქოზე სპეციფიკური პათოლოგიური ეფექტის ფიტოპელმინთები არ აღმოჩნდა.

გალიანი ნემატოდებით ინვაზირებულ კულტურებზე მელოიდოგინოზი მოქმედებდა როგორც ნემატოდების ფუნის ფორმირების და აგრეთვე ფესვების ქსოვილში ფიტონემატოდების ეკოლოგიურ გავრცელება ურთიერთცვლის პროცესის განმსაზღვრელი ფაქტორი. მელოიდოგინოზის დროს ფესვებში ჭარბად შეიჭრება მავნე მიკროფლორა, რომელიც იწვევს ლპობის პროცესის განვითარებას. ამასთან დაკავშირებით, რადგან სპეციფიკური პათოლოგიური ეფექტის ფიტოპელმინთებს არ გააჩნიათ საპრობიოტულ გარემოში განვითარების უნარი, ისინი გადადიან ნიადაგში ან ინვაზირებულ ჯანსოთელ ქსოვილებს [4, 5, 6]. ამ შემთხვევაში მცენარის ფესვები განიცდიან საპრობიოტური ნემატოდებით „ოკუპაციას“. აღნიშნული პროცესი მკაფიოდ იყო გამოხატული დახურული ნიადაგიდან ჭარბ ინვაზიის დროს ალექსი პომიდორის მასალებში. დევისაპრობიონტები, რომელთაც საპრობიოტური გარემოდან გამოსარიცხულ ფორმებად მიიჩნევენ [4, 6], ლპობის პროცესის განვითარებისას არ ამჟღავნებენ სასიცოცხლო პროცესის დატარების ნიშნებს. ისინი გამრავლების მცირე სიჩქარეების გამო რიცხობრივ ზრდაში ჩამორჩებიან ეუსაპრობიონტებს, ეს უკანასკნელი კი იკავებენ წამყვან მდგომარეობას.

ბადრიჯანზე, გალიანი ნემატოდით სუსტი ინვაზიისას, ეკოლოგიური გავრცელების ურთიერთცვლა შედარებით გვიან შეიძინეოდა (გეგეკაციის დასასრულს). — მაშინ, როდესაც ამ ფიტოპელმინთის განმეორებითი განვითარება იწყებდა მცენარის ფესვის ინვაზიის ზრდას. სხვა სპეციფიკური პათოლოგიური ეფექტის ფიტოპელმინთებით ინვაზია იმდენად სუსტი იყო, რომ ძნელი გახდა ეკოლოგიური გავრცელების ურთიერთცვლის პროცესზე მსჯელობა.

ცხრილი 2

ფიტონემატოდების სხვადასხვა ეკოლოგიურ გავრცელების შეფარდებანი თამბაქოს ფესვებში (მარნეული)

ფიტონემატოდების ეკოლოგიური გავრცელება	სინჯების ალების ვადები																	
	13/V		2/VI		17/VI		4/VII		20/VII		3/VIII		21/VIII		8/IX		21/IX	
	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა	სახეობათა რაოდენობა	შემკლართა რაოდენობა
ფიტოპელმინთები	1	3	1	2	2	2	4	7	2	3	1	1	2	2	—	—	1	4
ეუსაპრობიონტები	—	—	1	2	1	1	1	2	—	—	1	4	2	3	1	—	2	4
დევისაპრობიონტ. პარაზიტობიონტები	3	5	3	7	3	6	4	10	5	7	2	4	4	7	5	6	4	9
	—	—	1	1	1	1	—	—	—	—	1	2	—	—	1	1	1	3

სპეციფიკური ფიტოპლემინთების არარსებობის შემთხვევაში ნემატოდების ფაუნა ხასიათდება სახეობრივი შემადგენლობის სტაბილობით და ეუსპარობიონტები ვეგეტაციის დასასრულს ვერ იკავებენ წამყვან მდგომარეობას; ამასთან ისინი წარმოვიდგებიან სახეობათა მცირე რიცხვით. დვეისაპრობიონტები ვეგეტაციის მთელ პერიოდში ჰარბობენ დანარჩენ ნემატოდებს როგორც ვგზემპლართა, ისე სახეობათა რაოდენობით. ამასთან ერთად დვეისაპრობიონტები სახლდებიან მკენარის ყველა ორგანოში და მრავლად არიან წარმოდგენილი რიზოსფეროს ნიადაგში. მე-2 ცხრილში ნაჩვენებია ვეგეტაციის პერიოდში თამბაქოს ფესვებში სხვადასხვა ეკოლოგიური ჯგუფების ნემატოდების სახეობათა უგზემპლართა რაოდენობის შეფარდება. როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, ყველაზე ჰარბად გვხვდება დვეისაპრობიონტები. ცალკეულ სინჯებში სახეობათა რაოდენობის მზრივ მათ არ ჩამორჩებიან ფიტოპლემინთები.

აკეთებდა რა ზორბლის ნემატოდოფაუნის ანალიზს, ი. ბ. ა. რ. ა. ნ. ვ. ს. კ. ა. ი. ა. [2] არჩედა მუდმივად არსებულ, დროებით გამოვარდნილ და დროებით არსებულ სახეობებს. გამომდინარე სახეობათა კონსტანტობიდან, აერთი ამ ნემატოდებს უწოდებს გაბატონებულ ჯგუფს. აღნიშნული ჯგუფი შემჩნეულ იქნა ჩვენს მასალებშიც.

ჩვენი აზრით, მკენარის ვეგეტაციის პერიოდში ნემატოდების დაყოფა ჯგუფებად ამა თუ იმ სახეობის არსებობის მიხედვით, თვისობრივი ხასიათისაა, მაშინ როდესაც გაბატონებული სახეობის ან სახეობათა ჯგუფის გამოყოფისას. რაოდენობრივი მონაცემებით ვხელმძღვანელობთ. ამიტომ სახეობები, რომლებიც ჰარბობენ სხვა ფორმებს ვეგეტაციის ამა თუ იმ პერიოდში, ჩვენი აზრით (ბარანოვისა და ტერმინოლოგიაზე დაყრდნობით) უნდა მივიჩნიოთ გაბატონებულად ან დომინირებულად მოცემულ პერიოდში. მაგალითად, პომიდორის მასალაში (დახურულ გრუნტიდან), გალიანი ნემატოდების ძლიერი ინვაზიისას ეუსპარობიონტი *Rhabditis demani* ჰარბობდა დანარჩენ ნემატოდებს ვეგეტაციის ხანმოკლე პერიოდში—120-დან 135 დღემდე, ხოლო მოგვიანებით ის თითქმის არ გვხვდებოდა. პომიდორის ვეგეტაციის დროს ჩვენ მიერ შემჩნეულია დომინირებული სახეობის რამდენჯერმე (კვლა. ზოგჯერ არ ხერხდებოდა ცალკე გამოგვიყო ერთი ასეთი სახეობა, რადგან დომინირებდა ორი ან მეტი სახეობა. რაც შეეხება მუდმივად არსებულ ნემატოდებს, რომლებიც განსაკუთრებითაა დამახასიათებელი ფაუნისათვის, ჩვენი აზრით, ისინი შეიძლება გაერთიანდნენ წამყვან სახეობათა ჯგუფებში, განუსაზღვრებლად მათი რაოდენობისა ვეგეტაციის სხვადასხვა პერიოდში. აღნიშნული წამყვანი ჯგუფები თავისი სახეობრივი შემადგენლობით ძალიან მსგავსია სხვადასხვა კულტურებზე. პომიდორში ამ ჯგუფს მიეკუთვნება—*Meloidogyne marioni*, *Panagrolaimus rigidus*, *Cephalobus persegnis*, *Aphelenchus avenae*, *Aphelenchoides tenuicaudatus*, *Chiloplacus symmetricus*, *Acrodeles ciliatus*. ბადრიჯანში: *C. persegnis*, *Ch. symmetricus*, *P. rigidus*, *A. avenae*, *Diplogaster lheritieri*; წიწვიაში—*P. rigidus*, *Ch. symmetricus*, *Eucephalobus elongatus*, *A. avenae*; თამბაქოში—*C. persegnis*, *Ch. symmetricus*, *P. rigidus*, *A. avenae*, *Aphelenchoides helophilus*; კარტოფილში—*A. avenae*, *P. rigidus*, *C. persegnis*, *Ch. symmetricus*.

ჩვენს მასალებში მიწისზედა ორგანოების ნემატოდების ფაუნა ძალიან ლარიბია. სახეობათა დიდი რაოდენობა აღმოჩენილ იქნა პომიდორზე (დახურული ნიადაგის ხარჯზე) — 11 სახეობა; ბადრიჯანზე — 6 სახეობა, წიწვიაზე — 5 სახეობა, თამბაქოზე — 2 სახეობა, კარტოფილზე — 5 სახეობა. ამასთან რუნდა აღინიშნოს, რომ მიწისზედა ორგანოებში ჩვენ მიერ არც ერთხელ არაა აღგვის-

ტრიბეზული ნემატოდების მასობრივი ლოკალიზაცია. ოია გრუნტის პირობებში პომიდორის ფოთლის და ღეროს ინვაზიის მწვერვალ ადინიზნებოდა მაისში და აგვისტოს დამლეგს, ბადრიჯანისა და წიწყისათვის — მაისის დამლეგს და აგვისტოს შუა რიცხვებში, კაოტოფილისათვის — ივნისის შუა რიცხვებში. თამბაქოში ასეთი მწვერვალების დადგენა ვერ შეგძელით. აღნიშნული კულტურების მიწისზედა ორგანოებში უფრო მეტად გვხვდებოდა *C. persegnis*, *A. avenae*, *E. elongatus*, *P. rigidus*, *D. lheritieri*.

აღნიშნულ მცენარეთა რიზოსფეროს ნიადაგი მდიდარი აღმოჩნდა ნემატოდებით. 1 ცხრილში ჩამოთვლილი ფორმებიდან უმრავლესობა რეგისტრირებულია ნიადაგის სინჯებში. ნიადაგის ნემატოდების ტიპური ფორმებისა და პარაზიზობიონტების გარდა, დიდი რაოდენობით გვხვდებოდა ფიტოპელმინთები, ეუ-და-დევისაპრობიონტები. მელოიდოგინოზის შემთხვევაში, ფესვების ლპობის პროცესთან დაკავშირებით, ნიადაგში მატულობდა გალიანი ნემატოდების ინვაზიური ლარვების რიცხვი, რასაც მოსდევდა ინვაზიის ექსტენსიობის ზრდა. ამ პერიოდში იცვლებოდა რიზოსფეროს ნიადაგში ნემატოდების რიცხობრივი შეფარდება: პარაზიზობიონტები და ნიადაგის თავისუფალი ფორმები რაოდენობრივად ჩამორჩებოდნენ გალიანი ნემატოდების ინვაზიურ ლარვებს და ეუსაპრობიონტებს. ნიადაგის რიზოსფეროში მელოიდოგინოზის არარსებობის დროს უფრო ხშირად გვხვდებოდა პარაზიზობიონტები: *Dorylaimus ofusicaudatus*, *D. monhystera*, *D. intermedius* და დევისაპრობიონტები: *C. persegnis*, *Ch. symmetricus*, *E. elongatus*, *E. oxynroides*, *P. rigidus*, *A. ciliatus*. ნიადაგის თავისუფალი ფორმები და ფიტოპელმინთები უფრო ნაკლებად გვხვდებოდა.

ჩვენ მიერ რეგისტრირებული ნემატოდებიდან განსაკუთრებით პათოგენური არიან *Meloidogine marioni*, *Ditylenchti dessructor* და *Ditylenchus dipsaci*. ღეროს ნემატოდა (*Ditylenchus dipsaci*) საქართველოში პირველად ჩვენ მიერაა აღნიშნული კულტურულ მცენარეებზე (ერთეული ეგზემპლარები). ლაგოდნის რაიონში ჩვენ ვერ ვიპოვეთ გალიანი ნემატოდა, მიუხედავად იმისა, რომ ამ რაიონის კლიმატური პირობები უახლოვდება დასავლეთ საქართველოსას, სადაც მელოიდოგინოზი ფართოდაა გავრცელებული. კარტოფილის ღეროს ნემატოდა გავრცელებულია აღმოსავლეთ საქართველოს მეკარტოფილეობის უმეტეს რაიონში (ლ. კალანდაძე და მ. ქოიავა). ჩვენ მიერ ეს ფიტოპელმინთი რეგისტრირებულია ღმანისის რაიონის კუიბიშევის სახ. კოლმეურნეობაში სინჯების მხოლოდ 18⁰/₁₀₀-ში.

აღნიშნულ ფიტოპელმინთებს შეუძლიათ დიდი ზიანი მიაყენონ რესპუბლიკის სოფლის მეურნეობას. ამიტომ ფიტოპელმინთოზებთან ბრძოლის ამოცანასთან დაკავშირებით აუცილებელია შესწავლილ იქნეს მათი გავრცელება და მათ მიერ გამოწვეული დანაკარგის სიდიდე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუყვია 24.7.1959)



დაგროვილი ლიტერატურა

1. ბ. კეცხოველი. კულტურულ მცენარეთა ზონები საქართველოში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემა, 1957.
2. И. А. Барановская. Закономерности и факторы динамики фауны нематод пшеницы и сравнительные заметки по динамике фауны нематод ржи и кукурузы. Тезисы докладов научной конф. ВОГ, 1957.
3. Е. С. Кирьянова. Обзор изученности нематодных болезней растений в СССР. Сборник работ по нематодам сельскохозяйственных растений. Ленинград, 1939.
4. А. А. Парамонов. Опыт экологической классификации фитонематод. Труды гельминт. лаборатории АН СССР, т. 6, 1952.
5. А. А. Парамонов. Специфичность фитогельминтов и её значение в сельскохозяйственной практике. Зоол. журнал, 33 (5), 1954.
6. А. А. Парамонов. О некоторых принципиальных вопросах фитогельминтологии. Сборник работ молодых фитогельминтологов. ГЕЛАН, Москва—Кузьминки 1958.
7. А. А. Парамонов и Ф. И. Брюшкова. Стеблевая нематода картофеля и меры борьбы с нею. АН СССР, 1959.
8. А. Т. Тудаганов. Фауна нематод томата (*Licopersicum esculentum* Mill.) и окружающей почвы. Сборник работ по нематодам сельскохозяйственных растений. Ленинград, 1939.
9. А. Т. Тудаганов. Растениеядные и почвенные нематоды Узбекистана. АН Уз. ССР. Ташкент, 1949.
10. А. А. Устинов. Новое в изучении галловой нематоды—*Heterodera marioni* (Gorun 1879) Goodey. Труды Зоологического института Академии Наук СССР, т. 9 (2), 1951.
11. И. Я. Элиава. Материалы к познанию фауны фитонематод в окрестностях Тбилиси. Труды Института зоологии Академии Наук Грузинской ССР, т. 19, 1958.
12. H. Goffart. Nematoden der Kulturpflanzen Europas, Paul Parey, Berlin, 1951.
13. T. Goodey. The Nematode Parasites of Plants Catalogued under their Hosts., Farnham Royal, England, 1956.

თ. მინანი

მდინარის კიბოს ტონური და ტეტანური ნეირო-მოტორული
ერთეულების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ი. ბერიტაშვილმა 9.2.1959)

პარეველდმა და ვირსამ [1] აჩვენეს, რომ კიბოსნაირთა სხვადასხვა წარმომადგენლებში მარწუნის დამხურავი კუნთი ინერვირდება სამი ნერვული ბოჭკოთი, რომელთაგან ერთის გაღიზიანება იწვევს სწრაფ შეკუმშვას, მეორესი — ნელ შეკუმშვას, ხოლო მესამესი — შეკუმშვის შეკავებას.

შემდგომ იმავე ავტორებმა [2, 3] აჩვენეს, რომ ასეთი სამგვარი ინერვაცია აქვთ სხვა კუნთებსაც, როგორცაა, მაგალითად, პროპრიეტის მომხრელი და სხვა. რაც შეეხება მარწუნის გამხსნელ კუნთს, ის ინერვირდება ორი ნერვული ბოჭკოთი, რომელთაგან ერთი იწვევს კუნთის აგზნებას და ტიპურ ტონურ შეკუმშვას, ხოლო მეორე — ამ შეკუმშვის შეკავებას.

კიბოსნაირთა კუნთების სამგვარი ინერვაციის შემთხვევაში პარეველდი და ვირსმა, ფიქრობენ, რომ ნელი და ჩქარი შეკუმშვების ხასიათი მთლიანად გაპირობებულია ნერვულ ბოჭკოთა მოქმედების სხვადასხვა ხასიათით და არა კუნთოვანი ბოჭკოების დიფერენცირებით. მათი აზრით, ნელი და ჩქარი შეკუმშვა დამახასიათებელია ერთისა და იმავე კუნთოვანი ბოჭკოებისათვის იმის მიხედვით, თუ რომელი ნერვული ბოჭკოდან ღებულობენ ამგზნებ იმპულსებს. თუ ეს იმპულსები მსხვილი ნერვული ბოჭკოდანაა, მაშინ კუნთი სწრაფად იკუმშება, ხოლო თუ აგზნების იმპულსებს კუნთი წვრილი ნერვული ბოჭკოდან ღებულობს, მაშინ ის ნელა იკუმშება. მაგრამ პარეველდისა და ვირსმას ზემოაღნიშნული ღებულება არ შეიძლება დამტკიცებულად ჩაითვალოს.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ ეს საკითხი შეგვესწავლა მდინარის კიბოს მარწუნის ნერვ-კუნთის პრეპარატში. კვლევით დაგროვდა ისეთი ფაქტები, რომელთა ანალიზს, ჩვენი აზრით, განსაზღვრული ინტერესი აქვს კიბოსნაირებში ტონური და ტეტანური ნეირო-მოტორული ერთეულების არსებობის საკითხის დასაზუსტებლად.

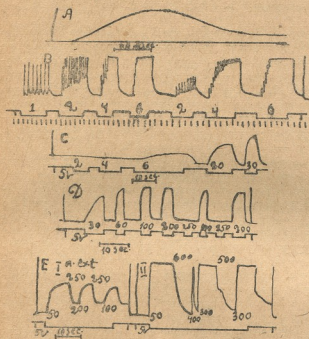
1. მარწუნის გამშლელი და დამხურავი კუნთების შეკუმშვის
ხასიათი და აგზნების ბიოლექტრული პოტენციალები

თუ მდინარის კიბოს მარწუნის დამხურავი კუნთის მამოძრავებელი ნერვი ერთხელობრივი კვეთებით ღიზიანდება, ერთხელობრივი შეკუმშვები მიიღება. მარწუნის დამხურავი კუნთის ერთხელობრივი შეკუმშვის ფარული პერიოდი გაცილებით მეტია (20—30 Msec. სურ. 1, A), ვიდრე ბაყაყის კუნთის შეკუმშვის ფარული პერიოდი. ფუნქციონალური მდგომარეობის გაუარესებისას შეკუმშვის ფარული პერიოდი ძლიერ იზრდება და შემდეგ კუნთი ნერვის ერთხელობრივ გაღიზიანებაზე შეკუმშვით საერთოდ არ უპასუხებს. შედარებით ღილია აგრეთვე მდინარის კიბოს მარწუნის დამხურავი კუნთის შეკუმშვის ხანგრძლივობა (200—250 Msec. საშუალოდ).

გაღიზიანების განსაზღვრულ სიხშირისას მარწუნის დამხურავი კუნთი კბილოვანი ტეტანუსით იკუმშება. სურ. 1-ზე ჩანს, რომ გაღიზიანების წამში 1 სიხშირისას მიიღება დამხურავი კუნთის ერთხელობრივი შეკუმშვები. წამში 2 სიხშირისას იწყება კბილოვანი ტეტანუსი. წამში 3—4 სიხშირისას მიიღება ისევ კბილოვანი ტეტანუსი, ხოლო წამში 5—6 სიხშირისას და ზევით უკვე მიიღება

მარწუხის დამხურავი კუნთის სრული ტეტანური შეკუმშვა კბილოვანი დასაზღვრელი ტეტანური შეკუმშვის მისაღებად საჭირო გალიზიანების სიხშირე განისაზღვრება ერთხელობრივი შეკუმშვის მრუდის აღმავალი მუხლით, რაც საშუალოდ 120—150 უდრის (სურ. 1, A).

მარწუხის გამხსნელი კუნთის მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანებისას ერთხელობრივი კვეთებით ერთხელობრივი შეკუმშვა არ მიიღება. გალიზიანების განსაზღვრულ სიხშირეზე (4—6 წამში სურ. 1, C) კუნთი იწყებს შეკუმშვის სუსტად და ტონურად, ისე, რომ კბილოვანი ტეტანუსი არ მიიღება. მარწუხის გამხსნელი კუნთის მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანების სიხშირის შემდგომი ზრდა იწვევს შეკუმშვის სიჩქარისა და ინტენსივობის ზრდას. ასეთი გრადაცია შეიმჩნევა წამში 200 სიხშირემდე (სურ. 1, D). გალიზიანების სიხშირის კიდევ უფრო გაზრდისას მამოძრავებელი ნერვი პესიმალურ მდგომარეობაში ვარდება და კუნთი შეკუმშვას წავეტს.

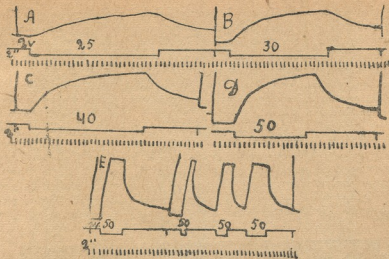


სურ. 1

მარწუხის გამშლელი კუნთის შეკუმშვის ტონური ხასიათი განსაკუთრებით კარგად ჩანს სურ. 2-ზე (A, B, C, D) A-მიოგრამაზე გალიზიანების სიხშირე წამში 25-ია. კუნთი ნელა იკუმშება და გალიზიანების შეწყვეტის შემდეგ რჩება ხანგრძლივი შემდეგმოქმედება. B-მიოგრამაზე გალიზიანების სიხშირე წამში 20-ია. C-მიოგრამაზე — 40, ხოლო D-მიოგრამაზე — 50. როგორც ჩანს, შეკუმშვის სიჩქარე მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტია გალიზიანების სიხშირე, მაგრამ ის მაინც ყველგან ტონური ხასიათისაა.

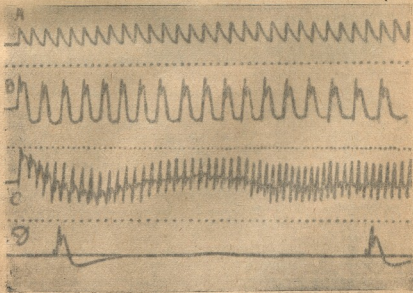
E-მიოგრამაზე (სურ. 2) იწერება იმავე მარწუხის დამხურავი კუნთის შეკუმშვები. ღიზიანდება როგორც ტონური, ისე ტეტანური ნერვული ბოჭკოები. როგორც ჩანს, გალიზიანების იმავე სიხშირეზე (50 წამში), რომელიც გამშლელი კუნთის ტონურ შეკუმშვას იწვევდა, აქ მიიღება ჩქარი შეკუმშვა. ტონური შემდეგმოქმედება კი აქაც კარგად ჩანს. მრუდი ჯერ სწრაფად ეცემა და შემდეგ ნელა. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ შეკუმშვის შემდეგმოქმედება უპირატესად ტონურ კუნთოვან ბოჭკოებს ეკუთვნის.

მარწუხის გამშლელი და დამხურავი კუნთების აგზნების ბიოელექტრული პოტენციალები ერთმანეთისაგან ფორმით განსხვავდება. მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანებისას მარწუხის გამშლელი კუნთიდან იწერება ერთფაზიანი აგ-



სურ. 2

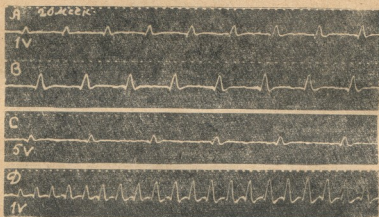
ზნების პოტენციალები 30—40 Msec-ის ხანგრძლივობით (სურ. 3, A). მარწუხის დამხურავი კუნთის აგზნების პოტენციალები ორი ნაწილისაგან შედგება (სურ. 3, B), რომელთაგან პირველი ნაწილი შედარებით მაღალი ამპლიტუდით და ნაკლები ხანგრძლივობით ხასიათდება, ვიდრე მეორე ნაწილი.



სურ. 3

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ გალიზიანების განსაზღვრულ სიხშირეზე (30 წამში) დამხურავი კუნთის აგზნების პოტენციალის მეორე ნაწილი პესიმალურ მდგომარეობაში ვარდება, მაშინ როცა პირველი ნაწილი ჯერ კიდევ ოპტიმალურ მდგომარეობაშია. ვარდა ამისა, გალიზიანების ამ პირობებში მქლავნდება პოტენციალის პირველი ნაწილის ორფაზიანობა (სურ. 3, C).

ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ მდინარის კიბოს მარწყუხის გამხსნელი კუნთი ინტეგრირდება ერთი მამოძრავებელი ნერვული ბოჭკოთი, ხოლო დამხურავი კუნთი — ორი მამოძრავებელი ნერვული ბოჭკოთი. ამის ჩვენება კარგად შეიძლება კუნთიდან აგზნების პოტენციალების ჩაწერის გზითაც. სურ. 4-ზე ჩაწერილია მარწყუხის გამხსნელი კუნთის აგზნების პოტენციალები მისი მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანების დროს. გალიზიანების ზღურბლი 1V (A, B). როგორც ჩანს, დასაწყისში იწერება შედარებით სუსტი და ერთფაზიანი პოტენციალები, რომელთა ინტენსივობა თანდათანობით იზრდება. განმეორებით გალიზიანებისას პოტენციალის ინტენსივობის ამგვარი გაზრდა უსათუოდ აგზნებადობის პოსტსინაპსური მომატებითა გაპირობებული. C-ისცი-

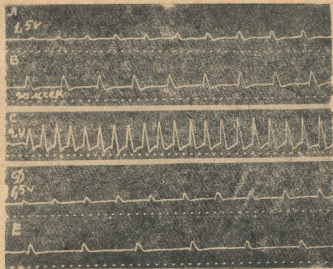


სურ. 4

ლოგრამაზე გალიზიანების ძალა 5V-ია, მაგრამ პოტენციალის ინტენსივობა ზღურბლოვანთან შედარებით არ იზრდება. D-ოსცილოგრამაზე გალიზიანების ძალა ისევ 1V-ია, მაგრამ გალიზიანების სიხშირე 30-ს უდრის წამში. როგორც ჩანს, დასაწყისში აქაც სუსტი პოტენციალები იწერება, მაგრამ ისინი მალე იზრდებიან. ეს გასაგებია, რადგან გალიზიანების ამ სიხშირეზე პოსტსინაპსური აგზნებადობის მომატება უკვე გლინდება.

ამრიგად, მდინარის კიბოს მარწყუხის გამხსნელი კუნთი მისი მამოძრავებელი ნერვის ზღურბლოვან გალიზიანებას მაქსიმალური აგზნების ეფექტით უპასუხებს, რაც აშკარად მიუთითებს იმაზე, რომ მამოძრავებელი ნერვი მხოლოდ ერთი ბოჭკოსაგან შედგება.

სურ. 5-ზე წარმოდგენილია მარწყუხის დამხურავი კუნთის აგზნების პოტენციალები. მამოძრავებელი ნერვის ზღურბლოვანი (1,5V) გალიზიანებისას იწერება აგზნების სუსტი პოტენციალები ინტენსივობის თანდათანობით მომატებით (A, B). თუ ამის შემდეგ გალიზიანების ძალას გაზრდით 2V-მდე, მაშინ მივიღებთ კუნთის აგზნების პოტენციალის მკვეთრ გრადაციას (C). გალიზიანების აღლის შემდგომი გაზრდა არ ცვლის პოტენციალის ინტენსივობას. ეს ფაქტი



სურ. 5

მიუთითებს იმაზე, რომ დამსურავი კუნთის მამოძრავებელი ნერვის ზღურბლოვანი გალიზიანების დროს იგზნება მხოლოდ ტონური ნერვული ბოჭკო და მის მიერ ინერვირებული ტონური კუნთოვანი ბოჭკოები. გალიზიანების ძალის შემდგომი გაზრდა იწვევს ტეტანური ნერვული ბოჭკოების აგზნებასაც და შესაბამისად კუნთის აგზნების პოტენციალი მკვეთრად იზრდება.

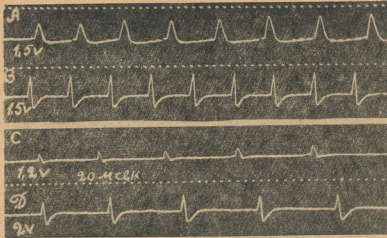
ამრიგად, ცდები გვაჩვენებს, რომ მდინარის კიბოს მარწუხის გამშლელი კუნთი ინერვირდება ერთი მამოძრავებელი ნერვული ბოჭკოთი, ხოლო დამსურავი კუნთი — ორი მამოძრავებელი ნერვული ბოჭკოთი.

2. პროპოდიტის მომხრელი და გამშლელი კუნთების აგზნების პოტენციალები

მდინარის კიბოს მარწუხის პროპოდიტის მომხრელისა და გამშლელის აგზნების პოტენციალები განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანებისას პროპოდიტის გამშლელიდან იწერება ერთფაზიანი პოტენციალები, ხოლო პროპოდიტის მომხრელიდან — ორფაზიანი პოტენციალები. გამშლელის აგზნების პოტენციალი უფრო მეტი ხანგრძლიობით ხასიათდება, ვიდრე მომხრელის აგზნების პოტენციალი.

სურ. 6-ზე A-ოსცილოგრამა უჩვენებს პროპოდიტის გამშლელის აგზნების პოტენციალებს. როგორც ჩანს, ისინი ერთფაზიანები არიან. ამ პოტენციალების ხანგრძლივობა საშუალოდ 30—35 Msec-ია. B-ოსცილოგრამაზე ჩაწერილია პროპოდიტის მომხრელის აგზნების პოტენციალები. ისინი ორფაზიანები და ნაკლები ხანგრძლივობისანი არიან.

C-ოსცილოგრამაზე ჩაწერილია ისევ პროპოდიტის მომხრელის პოტენციალები, ოღონდ გალიზიანების ძალა ზღურბლოვანია (1,2V). როგორც ჩანს, იწერება სუსტი ერთფაზიანი პოტენციალები, რომელთა ინტენსივობაც თანდათანობით იზრდება აგზნებადობის მომატების ბაზაზე. თუ ამის შემდეგ გალიზიანების ძალას ვაგზრდით 2V-მდე, მაშინ მიიღება აგზნების პოტენციალების ინტენსივობის მკვეთრი გაზრდა და ისინი ორფაზიანი ხდებიან. გალიზიანების ძალის



სურ. 6

შემდგომი გაზრდა ავზნების პოტენციალის ინტენსივობას არ ცვლის. ეს ფაქტი პირდაპირ მიუთითებს იმაზე, რომ პროპოდიტის მომხრელი კუნთი ინერვირდება მხოლოდ ორი მამოძრავებელი ბოჭკოთი, რომელთაგან ერთი ტონურია, ხოლო მეორე — ტეტანური.

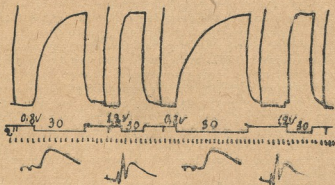
ამრიგად, ზემოაღწერილი ფაქტებიდან ჩანს, რომ მდინარის კიბოს მარწუხის პროპოდიტის გამშლელი კუნთი ტონური კუნთოვანი ბოჭკოებისაგან შედგება, ხოლო მომხრელი კუნთი — როგორც ტონური, ისე ტეტანური კუნთოვანი ბოჭკოებისაგან.

3. ტონური და ტეტანური კუნთოვანი ბოჭკოების არსებობის შესახებ მარწუხის დამხურავ კუნთში

როგორც ზემოთ ითქვა, მდინარის კიბოს მარწუხის დამხურავი კუნთი ორი მამოძრავებელი ბოჭკოთი ინერვირდება. ეს ბოჭკოები ერთმანეთისაგან სისხნოთი განსხვავდება. უფრო მსხვილი ნერვული ბოჭკოს დიამეტრი საშ. 60 მიკრონია, ხოლო წვრილი ბოჭკოს დიამეტრი — 40 მიკრონი, დადგენილია, რომ მსხვილი ნერვული ბოჭკოს გალიზიანებისას კუნთი სწრაფად იკუმშება, ხოლო წვრილი ნერვული ბოჭკოს გალიზიანებისას — ნელა. საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ წვრილი ნერვული ბოჭკოს გალიზიანების ზღურბლი უფრო დაბალია, ვიდრე მსხვილი ნერვული ბოჭკოსი (პარეველი 4).

ზემოაღნიშნული ფაქტები ჩვენს ცდებშიც დადასტურდა. აღმოჩნდა, რომ დამხურავი კუნთის მთელი მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანებისას ტონური ნერვული ბოჭკო იგზნება გალიზიანების უფრო ნაკლებ ძალაზე, ვიდრე ტეტანური ნერვული ბოჭკო. გალიზიანების ამ ძალაზე კუნთი ნელა იკუმშება. თუ ამის შემდეგ გალიზიანების ძალას გავზრდით, მაშინ მიიღება კუნთის სწრაფი შეკუმშვა, რაც გაპირობებულია მსხვილი ნერვული ბოჭკოს აგზნებით. რომ აქ გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ნერვული ბოჭკოების სხვადასხვა ზღურბლს და არა სხვა რაიმე ფაქტორს, ეს კარგად ჩანს ავზნების პოტენციალების ოსცილოგრაფული ჩაწერისას. ტონური შეკუმშვისას იწერება ერთფაზიანი ხანგრძლივი პოტენციალები, რომელთა სიხშირეც შეესაბამება გალიზიანების სიხშირეს

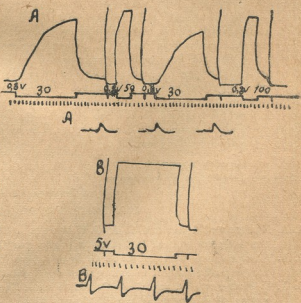
(იკულისხმება გალიზიანების ოპტიმალური სიხშირე). გალიზიანების ძალის გაზრდისას, როცა კუნთი უკვე ტეტანურად იკუმშება, იწერება უფრო რთული ფორმის პოტენციალები. როგორც ზემოთ აღვწერეთ, ეს პოტენციალები შედგება ორი ნაწილისაგან, რომელთაგან პირველი ნაწილი უფრო ინტენსიური და ნაკლები ხანგრძლივობისაა, ვიდრე მეორე.



სურ. 7

ზემოთ ნათქვამის საილუსტრაციოდ მოგვყავს სურ. 7. მიოგრამაზე ჩაწერილია დამხურავი კუნთის შეკუმშვები მისი მამოძრავებელი ნერვის სხედასხვა ძალით გალიზიანებისას.

გალიზიანების სიხშირე ყველგან 30-ია წამში. ოსცილოგრამებზე ნაჩვენებია კუნთის აგზნების პოტენციალები, რომლებიც შეესაბამება შეკუმშვის იმ მრულს, რომლის ქვემოთაც არიან მოქცეულნი. როგორც სურათზე ჩანს, ნერვის გალიზიანებისას 0,8V-ის ძალით კუნთი ტონურად იკუმშება. ამ დროს კუნთის აგზნების პოტენციალები ერთფაზიანებია და შედარებით ხანგრძლივი. თუ გალიზიანების ძალას გააზრდით 1,2V-მდე, მაშინ კუნთი სწრაფად იკუმშება. ამ დროს კუნთის აგზნების პოტენციალის ფორმა



სურ. 8

რთულდება. ასეთ შეკუმშვას შეესაბამება პოტენციალები, რომლებიც ან ორფაზიანებია, ან ორი ნაწილისაგან შედგებიან. ჩანს, ამ პოტენციალის პირველი



ნაწილი გამოხატავს ტეტანური კუნთოვანი ბოჭკოების აგზნებას, ხოლო მეორე ნაწილი — ტონური კუნთოვანი ბოჭკოების აგზნებას.

ამის შემდეგ ჩვენ მიზნად დავისახეთ დამხურავი კუნთის ტონური და ტეტანური შეკუმშვების შესწავლა შესაბამისი ნერვული ბოჭკოების იზოლირებულად გალიზიანების პირობებში. როგორც ვხანეთ, კუნთის სუფთა ტონური შეკუმშვა და აგზნება ადვილად მიიღება ზღურბლოვანი გალიზიანებისას. უფრო ძნელია სუფთა ტეტანური ეფექტის მიღება — ამისათვის აუცილებელია ტეტანური ნერვული ბოჭკოს იზოლირება და მისი ცალკე გალიზიანება.

სურ. 8-ზე ილუსტრირებულია დამხურავი კუნთის ტონური და ტეტანური ნერვული ბოჭკოების ცალ-ცალკე გალიზიანების შედეგები. A-მთავრამაზე გალიზიანების ძალა ისეთია (0,8V), რომ იგზნება მხოლოდ ტონური ნერვული ბოჭკო. როგორც ხანს, მიიღება ნელი და თანდათან მზარდი შეკუმშვა. ამ ტონური შეკუმშვის სიჩქარე და ინტენსივობა ძლიერ დამოკიდებულია გალიზიანების სინშირისაგან. ისინი პროგრესიულად იზრდებიან გალიზიანების სინშირის წაშში 100—150-მდე ზრდასთან ერთად. გრადაციის ასეთი დიდი უნარი გალიზიანების სინშირის შესაბამისად დამახასიათებელია ტონური კუნთოვანი ბოჭკოებისათვის (კუფლერი, 5). აგზნების პოტენციალები ტონური შეკუმშვის დროს ჩვეულებრივად ერთფაზიანები და შედარებით დიდი ხანგრძლივობისანი არიან (A-ოსცილოგრამა).

მარწუნის დამხურავი კუნთის მსხვილი ნერვული ბოჭკოს ცალკე გალიზიანება იწვევს სუფთა ტეტანურ შეკუმშვას (სურ. 8, B). ამ დროს აგზნების პოტენციალი წმინდა ტეტანური ხასიათისაა, ე. ი. ორფაზიანია (სურ. 8, B-ოსცილ.).

ამრიგად, საფუძველი გვაქვს ვამტკიცოთ, რომ მდინარის კიბოს მარწუნის დამხურავი კუნთი შეიცავს როგორც ტეტანურ კუნთოვან ბოჭკოებს, ისე ტონურ კუნთოვან ბოჭკოებს.

დასკვნები

1. მდინარის კიბოს სატაცი კიდურების კუნთები ორ ჯგუფად იყოფა: პირველ ჯგუფში ერთიანდებიან ე. წ. „ნელი“ კუნთები, რომლებიც უპირატესად ტონურ კუნთოვან ბოჭკოებს შეიცავენ (მარწუნის გამხსნელი კუნთი და პროპოდიტის გამწოელი). მეორე ჯგუფში ერთიანდებიან „ჩქარი“ კუნთები. ეს კუნთები ტეტანო-ტონური ხასიათისაა (მარწუნის დამხურავი და პროპოდიტის მომხრელი).

2. მდინარის კიბოს მარწუნის ტეტანო-ტონური კუნთები შედგება ტეტანურ და ტონურ კუნთოვანი ბოჭკოებისაგან, რომლებიც ინერვირდებიან შესაბამისი ნერვული ბოჭკოებით.

სრალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 9.2.1959)

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. A. Harreveld van and C. A. G. Wiersma. The double motor innervation of the adductor muscle in the claw of the crayfish. *J. Physiol.*, 88, 1936, 78.
2. A. Harreveld van and C. A. G. Wiersma. The triply innervation of crayfish muscle and function in contraction and inhibition. *J. exp. Biol.*, 14, 448.
3. A. V. Harreveld and C. A. G. Wiersma. The function of the quintuple innervation of a crustacean muscle. *J. exp. Biol.*, 14, 1939, 121.
4. A. V. Harreveld. The nerve supply of doubly and triply innervated crayfish muscles related to their function. *J. comp. Neurol.*, 70, 1939, 267.
5. S. W. Kuffler. The two skeletal nerve-muscle system in frog. *Arch. exper. Path. u. Pharmacol.*, 220, 1953, 116.

ფიზიოლოგია

ა. სინბარულიძე

ნეიროკლემბიურ ნივთიერებათა და სტეროიდულ ჰორმონთა ფარმაკოდინამიკის ზოგიერთი თავისებურების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ა. ზურაბაშვილმა 15.12.1959)

ჩვენი გამოკვლევებით [1] დადასტურდა, რომ ზოგიერთ სტეროიდულ ჰორმონს, კერძოდ ტესტოსტერონსა და ესტრონს, გარკვეული მნიშვნელობა აქვს შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის ტოქსიკური ეფექტის გამომწვევებაში.

ტესტოსტერონის (10 მგ/კგ) ან ესტრონის (20 ერთ/კგ) ცხოველებში წინასწარი შეყვანის შემდეგ შიზოფრენიის კატატონური ფორმით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის გადასხმა ძაღლებში იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის (ცნს) ფუნქციური მდგომარეობის უფრო მკვეთრ დაკნინებას, ვიდრე ამას ადგილი აქვს სტეროიდული ჰორმონების შეყვანის გარეშე.

შიზოფრენიის პარანოიდული ფორმით დაავადებულთა სისხლის პლაზმა, რომელიც ჩვეულებრივ პირობებში დამაკნინებლად არ მოქმედებს ცხოველის ცნს-ზე ტესტოსტერონის (10 მგ/კგ) ან ესტრონის (20 ერთ/კგ) (ხბველისათვის წინასწარი შეყვანის შემდეგ, მკვეთრად აკნინებს ცხოველის უპირობო და პაროზითრიფლექსურ რეაქციებს (ნერწყვისა და კუჭის წვენის უპირობო და პაროზითრიფლექსურ სეკრეციას).

ტესტოსტერონი 2 მგ/კგ და ესტრონი 5 ერთ/კგ მცირე დოზებში შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის ტოქსიურ მოქმედებას ცხოველის ცნს-ზე არ აძლავრებს.

როგორც ირკვევა, სტეროიდულ ჰორმონთა დიდი დოზები ცნს-ში იწვევს შეკავების პროცესის გაძლიერებას, მაშინ როცა მცირე დოზებში ეს ჰორმონები ააქტივებს ცნს-ის უმაღლეს ნაწილებს, სახელდობრ ადგილი აქვს პაროზითრიფლექსური მოქმედების გაძლიერებას [1].

ჩვენს წინანდელ გამოკვლევებში [2] ნაჩვენებია იყო, რომ ნეიროპლევგიური ნივთიერება, კერძოდ, ამინაზინი მცირე და დიდ დოზებში სხვადასხვანაირად მოქმედებს ცნს-ის ფუნქციურ მდგომარეობაზე. მცირე დოზებში (0,5—0,65 მგ/კგ) ამინაზინი აძლიერებს ნერწყვისა და კუჭის წვენის პაროზითრიფლექსურ სეკრეციას, ხოლო დიდ დოზებში (1,25—2,0 მგ/კგ) იწვევს მათ დაკნინებას.

ამგვარად, გამოირკვა, რომ სტეროიდულ ჰორმონთა (ტესტოსტერონი, ესტრონი) და ნეიროპლევგიურ ნივთიერებათა (ამინაზინი) ფარმაკოდინამიკაში არის ანალოგიური კანონზომიერება; კერძოდ მათი მცირე დოზები იწვევს ცნს-ისა და პირველ რიგში თავის ტვინის დიდი ჰემისფეროების ქერქის გააქტივებას, ხოლო დიდი დოზები დამაკნინებლად მოქმედობს ცნს-ზე, კერძოდ თავის ტვინის ქერქზე. როგორც ცნობილია, ამინაზინის მოქმედების ეფექტი ხორციელდება ტვინის ღეროს რეტიკულურ ფორმაციაზე მოქმედების გზით [3, 4, 5].



ამიტომ, ჩვენს წინაშე დაისვა საკითხი — ზომ არ მოქმედებს სტეროიდული ჰორმონები, კერძოდ ტესტოსტერონი და ესტრონი აგრეთვე, პირველ რიგში ტვინის ღეროს რეტიკულურ ფორმაციაზე?

ამ შრომაში ჩვენ შევეცადეთ პასუხი ვაგვეცა ამ საკითხზე.

მ ე თ ო დ ი კ ა

ცდები ტარდებოდა სანერწყვე ჯირკვლის სადინარის ქრონიკულ ფისტულიან და პაელოგის წესით იზოლირებულ პატარა კუჭის მქონე ძაღლებზე. ასეთ ცხოველებზე ქრონიკული ექსპერიმენტის პირობებში ვსწავლობდით ნერწყვის უპირობო და პირობითრეფლექსურ სეკრეციას და კუჭის სეკრეციულ მოქმედებას.

ნერწყვის უპირობო რეფლექსურ სეკრეციას ვიწვევდით პირის ღრუში 0,25% მარილმჟავას ხსნარის შეყვანით (10—10 მლ 6-ჯერ ცდის განმავლობაში, 5 წუთის ინტერვალით). შემდეგ ვადავლიოდით სანერწყვე პირობითი რეფლექსის გამოძღუწვაზე ზარის ხმაზე. პირობითი გამოიზიანებელი უპირობო გამიზიანებელს უსწრებდა 20 სექუნდით და წყდებოდა მარილმჟავას ხსნარის შეყვანასთან ერთად.

კუჭის სეკრეციულ მოქმედებას ვსწავლობდით საათობრივად 200 გ პურის ზამისას. გამოყოფილ კუჭის წვეწის საათობრივ პორციებში ვსაზღვრავდით წვეწის მკვეობას, ხოლო წვეწის საერთო რაოდენობაში მომწველებელ ძალას მერის წესათ.

ამინაზინს ძალოს ვეშხაუწვენდით კუნთებში მცირე (0,5 მგ/კგ) და დიდ (2,0 მგ/კგ) დოზებში.

სტეროიდულ ჰორმონებიდან გამოიყენებდა ტესტოსტერონი 10 მგ/კგ (დიდი დოზა) და 2 მგ/კგ (მცირე დოზა) და ესტრონი 20 ერთ/კგ (დიდი დოზა) და 5 ერთ/კგ (მცირე დოზა).

მ ი ღ ე ბ უ ლ ი შე დ ე გ ე ბ ი

ჩვენი ცდებით გამოირკვა, რომ ამინაზინის მცირე დოზა (0,5—0,65 მგ/კგ) ძლიერებს ნერწყვისა და კუჭის წვეწის უპირობო და პირობითრეფლექსურ სეკრეციას, ხოლო დიდი დოზა (1,5—2,0 მგ/კგ) აწინებს როგორც ნერწყვის უპირობო და პირობითრეფლექსურ სეკრეციას, ისე კუჭის სეკრეციულ მოქმედებას (იხ. 1 და 2 ცხრილები).

ჩვენ შევისწავლეთ, აგრეთვე, სტეროიდული ჰორმონების (ტესტოსტერონი და ესტრონი) მოქმედება ნერწყვისა და კუჭის წვეწის სეკრეციაზე. ცდებში გვიჩვენა, რომ მცირე დოზებში ტესტოსტერონი (2 მგ/კგ) და ესტრონი (5 ერთ/კგ) იწვევს ნერწყვის უპირობო და პირობით რეფლექსური სეკრეციის გაძლიერებას. კუჭის სეკრეციულა მოქმედება აღნიშნულ ჰორმონთა მცირე დოზების გავლენით უმნიშვნელოდ ძლიერდება. ტესტოსტერონის (10 მგ/კგ) და ესტრონის (20 ერთ/კგ) დიდი დოზები აკავეებს როგორც ნერწყვის უპირობო და პირობითრეფლექსურ სეკრეციას, ასევე კუჭის სეკრეციულ მოქმედებას (იხ. მე-3 და მე-4 ცხრილები).

ჩვენი ცდებით გამოირკვა, რომ ნეიროპლეგიურ ნივთიერებისა (ამინაზინი) და სტეროიდული ჰორმონების მოქმედებაში არის ვარკვეული მსგავსება. ნეიროდინამიკაში მნიშვნელობა აქვს სტეროიდულ ჰორმონთა მოქმედების დროს დიდი, საშუალო და პატარა დოზებს. ამ მხრივ ჰორმონების და ნეიროპლეგიურ ნივთიერებათა ფარმაცოდინამიკა მსგავსია.



ცხრილი 1

ამინაზინის მოქმედება ნერწყვის პირობით და უპირობო რეფლექსურ გამოყოფაზე

საკონტროლო ცდა		ცდა ამინაზინით 0,5 მგ/კგ		ცდა ამინაზინით 1,5 მგ/კგ		
პირობითი გამალიზიანებელი	უპირობო გამალიზიანებელი	პირობითი გამალიზიანებელი	უპირობო გამალიზიანებელი	პირობითი გამალიზიანებელი	უპირობო გამალიზიანებელი	
0,50	1,25	0,8	1,8	0,4	1,5	
0,55	1,25	0,8	1,7	0,5	1,3	
0,50	1,25	0,7	1,7	0,0	1,0	
0,52	1,26	0,6	1,8	0,0	0,4	
0,52	1,22	0,8	1,6	0,0	0,4	
0,55	1,20	0,7	1,7	0,0	0,3	
სულ	3,14	7,43	4,4	10,3	0,9	4,9

ცხრილი 2

კუჭის წველის გამოყოფა საათობრივად 200 გ პურის კამისას (1), როდესაც პურის კამას 15 წუთით უსწრებს კუნთებში შეშაპუნება ამინაზინის მცირე დოზისა (0,5 მგ/კგ) (2) და ამინაზინის დიდი დოზისა (2,0 მგ/კგ) (3)

დრო საათობით	სტერეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავისუფალი მარილმავა სატიტრაციო ერთ-ით	მომწელებელი ძალა მმ-ით	სტერეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდენობა მლ-ით	თავისუფალი მარილმავა სატიტრაციო ერთ-ით	მომწელებელი ძალა მმ-ით	სტერეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდენობა მლ-ით	თავისუფალი მარილმავა სატიტრაციო ერთ-ით	მომწელებელი ძალა მმ-ით
1	7	6,5	65		8	8,0	70		18	3,0	36	
2		5,4	60			10,2	85			1,5	18	
3		2,8	56			11,3	90			1,2	15	
4		2,0	30			7,2	70			1,0	12	
სულ		16,7		5,0		36,7		6,0		6,7		3,5

როგორც ჩანს, სტეროიდულ ჰორმონთა გამააქტივებელი მოქმედება თავის ტვინის ქერქზე უნდა ხორციელდებოდეს ტვინის ღეროს რეტაკულურ ფორმაციაზე მათი მოქმედების გზით. დამტკიცებულია [6, 7], რომ ადრენალინი თავის ტვინის ქერქის ელემენტულ აქტივობას ალაგზნებს არა უშუალოდ ქერქზე მოქმედებით, არამედ ტვინის ღეროს რეტაკულურ ფორმაციაზე მოქმედებით. რეტაკულური ფორმაციის დაზიანების შემდეგ ადრენალინი აღარ მოქმედებს თავის ტვინის ქერქის ელემენტულ აქტივობაზე. როგორც ჩანს, სტეროიდული ჰორმონებიც, აგრეთვე, რეტაკულურ ფორმაციაზე მოქმედებით ალაგზნებენ თავის ტვინის ქერქს.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ადრენალინი არის რეტაკულური ფორმაციის გამააქტივებელი და ამ მხრივ მისი მოქმედება ანტაგონისტურია ამინაზინის მოქმედებისა. ცნობილია, აგრეთვე რომ, ადრენალინი ხსნის ამინაზინის მოქმედების ეფექტებს [8,9], რაც უნდა ხორციელდებოდეს ტვინის ღეროს რეტაკულური ფორმაციის ადრენორეაქტიულ სტრუქტურებზე მოქმედების



ცხრილი 3

ნერწყვის პირობითი და უპირობო რეფლექსური გამოყოფა

ნერწყვის სეკრეცია		იგივე, ტესტოსტერონის 2 მგ/კგ შუვე		იგივე ტესტოსტერონის 10 სგ/კგ შუვე		იგივე, ესტრონის 5 ერთ/კგ შუვევანით		იგივე ესტრონის 20 ერთ/კგ შუვევანით	
პირობითი გამლიზ.	უპირობო გამლიზ.	პირობითი გამლიზ.	უპირობო გამლიზ.	პირობითი გამლიზ.	უპირობო გამლიზ.	პირობითი გამლიზ.	უპირობო გამლიზ.	პირობითი გამლიზ.	უპირობო გამლიზ.
0,5	1,2	0,7	1,4	0,2	0,8	0,8	1,3	0,1	1,0
0,5	1,3	0,6	1,4	0,2	0,6	0,8	1,4	0,2	1,0
0,4	1,0	0,8	1,2	0,1	0,7	0,7	1,2	0,2	0,9
0,6	1,0	0,7	1,3	0,4	0,7	0,6	1,2	0,4	0,8
0,6	1,1	0,7	1,2	0,4	0,8	0,8	1,4	0,3	0,7
0,5	1,0	0,6	1,3	0,2	0,6	0,6	1,2	0,3	1,0
3,1	6,6	4,1	7,8	1,5	4,2	4,3	7,7	1,5	5,4

ცხრილი 4

კუჭის წველის გამოყოფა საათობრივად 200 გ პურის კამისას (1), იგივე ტესტოსტერონის 2 მგ/კგ შუვევანით (2), იგივე, ტესტოსტერონის 10 მგ/კგ შუვევანით (3), იგივე, ესტრონის 5 ერთ/კგ შუვევანით (4), იგივე ესტრონის 20 ერთ/კგ შუვევანით (5)

დრო საათობით	სეკრეციის ფარ. უერთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავის, მარნილმე. სატიტრ. ერთ-ით	მომწ. ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავის, მარნილმე. სატიტრ. ერთ-ით	მომწ. ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავის, მარნილმე. სატიტრ. ერთ-ით	მომწ. ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავის, მარნილმე. სატიტრ. ერთ-ით	მომწ. ძალა მმ-ით				
1	7	5,0	60		6	5,5	65		10	3,0	38		7	6,0	70		12	4,0	40	
2		4,5	40			5,0	45			2,0	20			5,0	50			2,2	30	
3		2,5	30			3,2	40			2,0	29			3,5	38			2,0	25	
4		2,0	15			2,6	20			1,5	12			3,9	22			1,4	10	
სულ		14,0		6,0		16,3		6,0		8,5		5,0		17,5		6,0		9,6		4,5

გზით. აქედან გამომდინარე, ჩვენ შევისწავლეთ ადრენალინის მოქმედება სტეროიდულ ჰორმონთა მოქმედების ეფექტებზე.

ჩვენმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ ადრენალინი 0,5—1,0 მლ (1:1000) რაოდენობით იწვევს ნერწყვისა და კუჭის წველის სეკრეციის შეკავებას, ამავე დროს იგი ხსნის სტეროიდულ ჰორმონთა შემკავებელ ეფექტს (იხ. ცხრილი 5).

ადრენალინის აღნიშნული დოზა (1 მლ 1:1000) მნიშვნელოვნად ასუსტებს ესტრონის შემკავებელ მოქმედებას ნერწყვისა და კუჭის წველის უპირობო და პირობითრეფლექსურ სეკრეციაზე.

ცხრილი 5

კუჭის წველის გამოყოფა საათობრივად 200 გ პურის ჰამისას (1), როდესაც პურის ჰამას 15 წუთით უსწრებს კანკეშ ადრენალინის (1 მლ 1:1000) შეყვანა (2), ტესტოსტერონის 10 მგ/კგ შეყვანა (3), ადრენალინის და ტესტოსტერონის იმავე დოზების ერთდროული შეყვანა (4)

დრო საათობით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავისუფლ. მარილმკვება სატეტრ. ერთ-ით	მოშნ. ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავისუფლ. მარილმკვება სატეტრ. ერთ-ით	მოშნ. ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავისუფლ. მარილმკვება სატეტრ. ერთ-ით	მოშნ. ძალა მმ-ით	სეკრეციის ფარული პერიოდი წუთობით	წველის რაოდ. მლ-ით	თავისუფლ. მარილმკვება სატეტრ. ერთ-ით	მოშნ. ძალა მმ-ით
1	7	5,0	60		15	2,0	60		10	3,0	38		8	4,6	55	
2		4,5	40			1,6	38			2,0	20			5,0	40	
3		2,5	30			1,2	35			2,0	20			2,3	30	
4		2,0	15			1,0	15			1,5	12			1,8	18	
	სულ	14,0	6,0			5,8				8,5				13,4		5,0

ამგვარად, ჩვენი ცდებიდან ჩანს, რომ სტეროიდული ჰორმონები ისევე მოქმედებს ცხოველის ცნს ფუნქციურ მდგომარეობაზე, როგორც ნეიროპლეგიური საშუალება—ამინაზინი, კერძოდ მათი მცირე დოზები აძლიერებენ ნერწყვისა და კუჭის წველის უპირობო და პირობითრეფლექსურ სეკრეციას, დიდი დოზები კი მათ აკნინებს. ადრენალინი, რომელიც გამააქტივებლად მოქმედებს ტვინის ღეროს რეტვიკულურ ფორმაციაზე, ხსნის სტეროიდულ ჰორმონთა შემაკავებელ მოქმედებას.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ სტეროიდულ ჰორმონთა მოქმედების მიდამოს პირველ რიგში, ალბათ, თავის ტვინის ღეროს რეტვიკულური ფორმაცია წარმოადგენს.

დასკვნები

1. ნეიროპლეგიური ნივთიერების — ამინაზინის — მცირე დოზა (0,5--0,65 მგ/კგ) იწვევს ნერწყვის უპირობო და პირობითრეფლექსური სეკრეციისა და კუჭის სეკრეციული მოქმედების გაძლიერებას, ხოლო ამინაზინის დიდი დოზა (1,5--2,0 მგ/კგ) ნერწყვისა და კუჭის წველის უპირობო და პირობითრეფლექსურ სეკრეციას აკნინებს.
2. სტეროიდულ ჰორმონთა მცირე დოზა (ტესტოსტერონი 2 მგ/კგ და ესტრონი 5 ერთ/კგ) იწვევს ნერწყვისა და კუჭის წველის უპირობო და პირობითრეფლექსური სეკრეციის გაძლიერებას, ხოლო მათი დიდი დოზა (ტესტოსტერონი 10 მგ/კგ და ესტრონი 20 ერთ/კგ) აკნინებს ნერწყვისა და კუჭის წველის სეკრეციას.
3. ადრენალინი (1 მლ 1:1000) ხსნის სტეროიდულ ჰორმონთა შემაკავებელ მოქმედებას ნერწყვისა და კუჭის წველის სეკრეციის მიმართ.

მ. ასათიანის სახელობის
სამეცნიერო-კვლევითი ფსიქიატრიის
ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.12.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ა. სიხარულიძე. შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის ტოქსიკური თვისებების შესწავლისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXIII, № 5, 1959.
2. ა. ბაკურაძე, გ. მირზიაშვილი და ა. სიხარულიძე. ტვინის ღეროს რეტულური ფორმაციის როლის შესახებ სანერწყვე ჯირკვლისა და კუჭის სეკრეციულ მოქმედებაში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXI, № 3, 335, 1958.
3. А. Д. Зурабашвили. О современном уровне теории шизофрении. Тбилиси, 1958.
4. П. К. Анохин. О роли ретикулярной формации ствола мозга в проведении безусловных возбуждений к коре головного мозга. Доклады на XX междунар. конгрессе физиолог. в Брюсселе, М., 151, 1956.
5. E. King Killam, K. F. Killam. A Comparasion of the Effects of Reserpine and Chlorpromazina to the se of Barbiturates on Central Afferent System in the Coct. g. Pharm. Exp. Therap. 116, 35, 1956.
6. M. Bonvallet, P. Dell. Hugelin. Journ. Physiol. Paris, v. 45, № 1, 1954.
7. M. Bonvallet, P. Dell, G. Hiebelg. r. Soc. biol., v. 147, № 13—14, 1953.
8. G. Hiebel, M. Bonvallet, P. Dell. Action de la chlorpromazine au niveau du systeme nerveux central. Sem. Hôp., Paris, 10, 1954, 2346.
9. ა. ბაკურაძე, ა. სიხარულიძე და ვ. მაისია. სისხლის წნევაზე ამინაზინის მოქმედების საკითხისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXIII, № 3, 1959.



მასპარეზობის მდივანი

ნ. კალანდარიძე

ნერვული სისტემის სტრუქტურული ცვლილებები ზოგიერთი
შინაგანი ორგანოს კიბოს გაუჩინებლობაზე და გართულებულ
შემთხვევებში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვლ. ქვინიტაძემ 24.3.1959)

ცნობილია, რომ სიმსივნური დაავადების დროს სიმსივნურ კვანძებში იყოფიერებენ ნერვულ დაბოლოებაში სხვადასხვა ხასიათის სტრუქტურული ცვლილებები ხდება [3, 4, 9]. იქიდან გამომდინარე, რომ აღნიშნული დაბოლოებანი მგრძობიარე ანალიზატორის პერიფერიულ ბოლოს წარმოადგენს და მათი მდგომარეობა ამა თუ იმ ხარისხით უნდა ასახავდეს მთელი ანალიზატორის მდგომარეობას საერთოდ, უნდა ვივარაუდოთ, რომ სიმსივნური დაავადების დროს სტრუქტურულ ცვლილებებს ადგილი ექნება არა მხოლოდ თვით სიმსივნის ნერვულ დაბოლოებებში, არამედ მგრძობიარე ანალიზატორის ყველა ნაწილში და შესაფერ კენტრიდანულ გზებში, ე. ი. რეფლექსურ რკალის ყველა რგოლში.

ამდენად შინაგანი ორგანოების კიბოს დროს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი უნდა იყოს მთლიანობაში შესწავლა იმ სტრუქტურული ცვლილებებისა, რომლებსაც ადგილი აქვს ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილში, რეფლექსური გზების სხვადასხვა რგოლში.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიზნად დავისახეთ შინაგანი ორგანოების კიბოს დროს დაგვიდგინო: რა ხასიათის სტრუქტურული ცვლილებები ვითარდება ნერვულ სისტემაში და, რაც მთავარია, არსებობს თუ არა კავშირი, ერთი მხრივ, ნერვული სისტემის სტრუქტურულ ცვლილებათა ხასიათსა და სიძლიერეს, და, მეორე მხრივ, სიმსივნის თავისებურებებს, კერძოდ, დაავადების ხანდაზმულობასა და სიმსივნის გართულებებს შორის.

ამ მიზნით შინაგანი ორგანოების (ფილტვის, ღვიძლის, კუჭის) კიბოს 30 გაურთულებელ და გართულებულ შემთხვევაში შესწავლილია: სიმსივნური კვანძები, ორივე ცთომილი ნერვი და მათი კვანძოვანი ვანგლია, ორივე სიმპათიკური წველის გულ-მკერდის მე-3, მე-4, მე-5 კვანძები, გულმკერდის მარჯვენა და მარცხენა მე-3, მე-4, მე-5 მალთაშუა კვანძები, ზურგის ტვინის გულმკერდის მე-3, მე-4, მე-5 სეგმენტები, მოგრძო ტვინი, მარჯვენა და მარცხენა მხედველობის ბორცვები, თავის ტვინის ორივე დიდი ჰემისფეროს წინა და უკანა ცენტრალური ხვეულები.

მასალის მიკროპათომორფოლოგიური დამუშავებისათვის გამოყენებულაა ნერვულ ელემენტთა შეღებვის სპეციალური—ბილშოვსკის, ბილშოვსკი-გრის-ლაგრენტიევის, კამპოსის, ნასლის, შპილმეიერის—მეთოდები, აგრეთვე ჩვეულებრივი მეთოდები: შეღებვა ჰემატოქსილან-ეოზინითა და პიკროფუქსინით.

შინაგანი ორგანოების კიბოს ჩვენ მიერ შესწავლილ შემთხვევებში სტრუქტურული ცვლილებანი აღინიშნება ნერვულა სისტემის როგორც უმდაბლეს,

ისე უმაღლეს ნაწილებში, რეფლექსური გზების როგორც აფერენტულ, ისე ეფერენტულ რგოლებში.

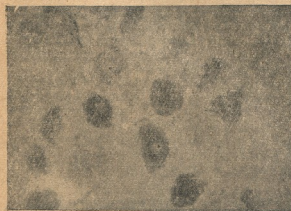
კერძოდ, ცთომილ ნერვებში ადგილი აქვს ლერძცილინდრთა სიგრძეზე ეარიქსულ შემსხვილებებს და ვაკუოლიზაციას, იშვიათად ფრაგმენტაციას. ამასთან ერთად აღინიშნება მიელინის გარსის გაჯირჯგვება და იშვიათად დაშლა.

ცთომილი ნერვების კვანძოვან განგლიებში, სიმბათიკური წველისა და მალთაშუა კვანძებში აღინიშნება ნერვულ უჯრედთა შესიება, ქრომატოლოზი, ვაკუოლიზაცია და ლიპოფუსცინით ჭარბი დაპიგმენტება (სურ. 1 და სურ. 2).



სურ. 1. ორბირთვიანი ნერვული უჯრედის ვაკუოლიზაცია გულმკერდის III მარჯვენა სინბათიკურ კვანძში ორმბრივი ბრონქოპნემონით გართულებული კუჭის კიბოს დროს. მიკროფოტოგრაზია გად. 300-ჯერ

ზოგჯერ გვხვდება ნერვულ უჯრედთა ჰიპერქრომატოზი, შეკუმხვნა და იშვიათად დაღუპვა. ამასთან ერთად ადგილი აქვს ნერვულ უჯრედთა დენდრიტული შორჩების ბოლოებზე ბურთისებრ შემსხვილებებს, ლერძცილინდრთა დაკ-



სურ. 2. ნერვულ უჯრედთა ლიპოფუსცინით ჭარბი დაპიგმენტება გულ-მკერდის III მარჯვენა მალთაშუა კვანძში მარცხენა ფილტვის კიბოს დროს. მიკროფოტოგრაზია გად. 300-ჯერ

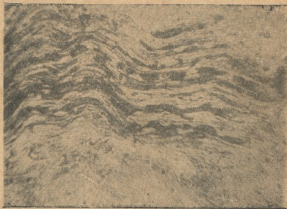
ლაკენას, იშვიათად ვაკუოლიზაციას. არაიშვიათად აღინიშნება მიელინის გარსის გაჯირჯგვება და იშვიათად დაშლა (სურ. 3 და სურ. 4).

ზურგის ტვინში ადგილი აქვს ნერვულ უჯრედთა ქრომატოლოზს, ვაკუოლიზაციას და ჰიპერქრომატოზს, იშვიათად — მათ დაღუპვას ნეირონოფაგიით.

მოგრძო ტვინში აღინიშნება ნეირონთა ისეთივე ხასიათის ცვლილებანი, როგორც ზურგის ტვინის ნეირონებში (სურ. 5).

მხედველობის ბორცვებში იშვიათად გვხვდება ნერველ უჯრედთა ჰიპერქრომატოზი და შექმუხვება, უფრო იშვიათად — ქრომატოლიზი და ვაკუოლიზაცია, განსაკუთრებით იშვიათად — დაღუპვა.

სურ. 3. ნერველ ბოქვითა მიელინის გარსის გაჯირჯგვება გულ-მკერდის V მარჯვენა მალთაშუა კვანძში დიფუზური ფიბრინულ-ჰემორაგიული პერიტონიტით გართულებული კუჭის კიბოს დროს. მიკროფოტოგრაფია. გად. 300-ჯერ



თავის ტვინის წინა და უკანა ცენტრალური ხვეულების ქერქში აღინიშნება ნერველ უჯრედთა ჰიპერქრომატოზი, ზოგიერთ შემთხვევაში — დაღუპვა ნეირონოფაგიით.

ნერველ სისტემაში ჩვენ მიერ ნახული ზემოაღნიშნული სტრუქტურული ძირები რეაქტიული და დისტროფიული ცვლილებებით გამოიხატება.

სურ. 4. ნერველ ბოქვითა მიელინის გარსის დაშლა გულ-მკერდის V მარცხენა მალთაშუა კვანძში მარჯვენა ფილტვის კიბოს დროს. მიკროფოტოგრაფია გად. 300-ჯერ

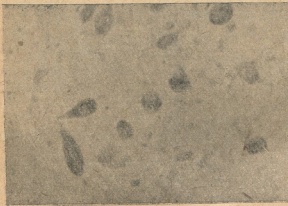


რეაქტიული ცვლილებანი გამოიხატება ნერველ უჯრედთა დენდრიტული შორჩების ბოლოებზე ბურთისებრი შემსხვილებების, ლერძიკლიანდრთა სიგრძეზე ვარიქსული შემსხვილებებისა და დაკლაკინობის გაჩენით, მიელინის გარსის გაჯირჯგვებით. ამას გარდა, რეაქტიული ცვლილებანი გამოიხატება აგრეთვე პროლიფერაციული მოვლენებით: სიმპათიკური კვანძების ნერველ

უჯრედთა მრავალბირთვიანობით, შვანის გარსის გასქელებითა და გლიის რაილებით.

დისტროფიული ცვლილებანი გამოიხატება ნერვულ უჯრედთა შესიებითა, ზშირად სხვადასხვა სახის ქრომატოლიზით და ვაკუოლიზაციით, საკმარისად ზშირად—ჰიპერქრომატოზითა და შეკუმშვებით, ზშირად ლიპოფუსცინით ჭარბი დაბიგმენტებით, იშვიათად მათი დაღუპვითა და ნეირონოფაგიით, ლერძცილინდრთა ვაკუოლიზაციითა და იშვიათად ფრაგმენტაციით, აგრეთვე მიელინის გარსის დაშლით.

სპეციალურ ლიტერატურაში გვხვდება შრომები [1, 2, 5, 6, 7, 8]. რომელთა ავტორები იკვლევდნენ რა ნერვული სისტემის ზოგიერთი ნაწილის მიკრომორფოლოგიას შინაგანი ორგანოების კიბოს დროს, ნახულობდნენ მასში რაგ სტრუქტურულ ცვლილებებს, რომელთა ხასიათი ძირითადად ისეთივეა, როგორიც შინაგანი ორგანოების კიბოს ჩვენ მიერ შესწავლილ შემთხვევებში.



სურ. 5. ნერვული უჯრედის „ანრ-დილი“ ცთოპილი ნერვის მარჯვენა დორხულ ბირთვში მარჯვენა ფილტვის კიბოთა დროს. მიკროფოტოგრაფია. ვად. 200-ჯერ

მაგრამ სიმსივნური დაავადების დროს ნერვული სისტემის სტრუქტურულ ცვლილებათა შესახებ ლიტერატურაში არსებული მონაცემები არასაკმარისია, უპირველეს ყოვლისა იმიტომ, რომ ჩატარებული გამოკვლევები დაფუძნებულია ნერვული სისტემის მხოლოდ ზოგიერთი და ცალკეულ ნაწილებსა შესწავლაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ შინაგანი ორგანოების კიბოს ჩვენ მიერ შესწავლილ ყველა შემთხვევაში ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილში აღინიშნება ნერვული ქსოვილების სტრუქტურულ ცვლილებათა როგორც მწვავე (ნერვულ უჯრედთა შესიება, ქრომატოლიზი, ვაკუოლიზაცია, ლერძცილინდრთა სიგრძეზე ვარიქსული შესიებანი, ნერვულ ბოჭკოთა მიელინის გარსის გაჩირჩხვება, გლიის პროლიფერაცია და სხვ.), ისე ქრონიკული (ნერვულ უჯრედთა ჰიპერქრომატოზი, შეკუმშვება, ლიპოფუსცინით ჭარბი დაბიგმენტება, ნეირონთა დაღუპვა ნეირონოფაგიით, ნერვულ ბოჭკოთა მიელინის გაოხის დაშლა და სხვ.) ფორმები. მაგრამ ავთვისებიანი სიმსივნის მძიმე გართულებებისაგან (პერიტონიტი, ბრუნქოპნევმონია) სიკვდილის შემთხვევებში ნერვული სისტემის უმდაბლესსა და უმაღლეს ნაწილებში ნერვულ ელემენტთა მწვავე დაზიანების ნოვლებები უფრო მეტად არის გამოხატული, ვიდრე იმავე ხანდაზმულობის სიმსივნური დაავადების არაგართულებულ შემთხვევებში.

საკუთარი მასალის შესწავლამ დაგვანახა, რომ ნერველი სისტემის სხვადასხვა ნაწილში სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმე და გავრცელება პირდაპირ პროპორციულ დამოკიდებულებაშია დაავადების ხანდაზმულობასა და ავადმყოფის სიკვდილის მიზეზთან.

კიბოს რომელიმე მძიმე გართულებისაგან (პერიტონიტი, ბრონქოპნევმონია) სიკვდილის შემთხვევებში, როდესაც სიმსივნური დაავადების ხანდაზმულობა შედარებით მცირეა, ნერველი სისტემის სხვადასხვა ნაწილში სტრუქტურულ ცვლილებათა გავრცელება უფრო ნაკლებია, ვიდრე თვით სიმსივნისაგან (ჯახექსია) სიკვდილის შემთხვევებში, როდესაც დაავადების ხანდაზმულობა შედარებით მეტია. ეს გარემოება, ჩვენი აზრით, შეიძლება იმით აიხსნას, რომ კიბოს მძიმე გართულების დროს სტრუქტურული ცვლილებანი ნერველ სისტემაში ვერ ასწრებს კიბოს ხანდაზმული შემთხვევებისათვის დამახასიათებელ გავრცელებას.

სიმსივნის დიდი ხნით არსებობისას ორგანიზმის კომპენსაციის უნარი თანდათანობით ქვეითდება და, ბოლოს, საცხებით იღვევ, დგება სრული დეკომპენსაცია. მაშასადამე, სიმსივნური დაავადების დროს ნერველ სისტემაში სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმისა და გავრცელების განმსაზღვრელი ფაქტორებიდან ერთ-ერთი არის დროის ფაქტორი: რაც უფრო მეტი დროა გასული ავთვისებიანი სიმსივნის აღმოცენებიდან, ე. ი. რაც უფრო დიდი ხანდაზმულობისა დაავადება, მით უფრო მეტი სტრუქტურული ცვლილებებია ნერველ სისტემაში და პირუკუ.

ყველა ზემოაღნიშნული გასაგებს ხდის ქრონიკულად მიმდინარე სიმსივნური დაავადების დროს მეტასტაზებით მოთესვისა და ორგანიზმში ღრმა ცვლილებათა მიზეზს და საცხებით ადასტურებს ცნობილი დებულების სისწორეს იმის შესახებ, რომ ათვისებიანი სიმსივნით შეპყრობილი ავადმყოფთა მკურნალობა განსაკუთრებით ეფექტიანია სიმსივნური პროცესის დაწყების ადრეულ პერიოდში, ე. ი. მაშინ, როდესაც ნერველ სისტემაში ადგილი აქვს მხოლოდ რეაქტიულ ცვლილებებს, რომელნიც გამოხატავენ ნერველი სისტემის კომპენსატორულ ფუნქციას.

დასკვნები

1. შინაგანი ორგანოების კიბოს გაურთულებელ და გართულებულ შემთხვევებში ნერველი სისტემის სტრუქტურული ძვრები სხვადასხვა-სახის რეაქტიული და დისტროფიული ცვლილებებით გამოიხატება.
2. კიბოს მძიმე გართულებისაგან (პერიტონიტი, ბრონქოპნევმონია) სიკვდილის შემთხვევებში ნერველი ქსოვილის სტრუქტურულ ცვლილებათა მწვავე ფორმები უფრო მეტადაა გამოხატული, ვიდრე იმავე ხანდაზმულობის სიმსივნური დაავადების გაურთულებელ შემთხვევებში.
3. ნერველი სისტემის სტრუქტურულ ცვლილებათა სიმძიმე და ხასიათი პირდაპირ დამოკიდებულებაშია დაავადების ხანდაზმულობასა და ავადმყოფის სიკვდილის მიზეზთან.
4. კიბოს რომელიმე მძიმე გართულებისაგან სიკვდილის შემთხვევებში, როდესაც სიმსივნური დაავადების ხანდაზმულობა შედარებით მცირეა, ნერველი სისტემის სხვადასხვა ნაწილში სტრუქტურულ ცვლილებათა გავრცელება შედარებით ნაკლებია, ვიდრე თვით სიმსივნისაგან სიკვდილის შემთხვევებში, როდესაც დაავადების ხანდაზმულობა შედარებით მეტია.

თბილისის სახელმწიფო
სამედიცინო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუყვია 24.3.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. Л. Боровский. К вопросу о гистопатологии периферической вегетативной нервной системы при туберкулезе и раке. Архив биологических наук, т. 33, в. 5/6, 1933, стр. 823—839.
2. Е. И. Беляев. Морфологические изменения шейечновагинальных ганглиев при раке шейки матки. Акушерство и гинекология, № 6, 1946, стр. 42—46.
3. Т. Д. Горделадзе. К вопросу о состоянии иннервации опухолей и окружающих их тканей. Автореферат. Тбилиси, 1953.
4. Ю. М. Гришаева. Морфологические изменения нервной системы в желудке при раковом поражении его. XV научная сессия медицинского института. Тезисы докладов. Куйбышев, 1954, стр. 36—38.
5. Э. В. Евзерова. Симптоматология центральной нервной системы при латентном раке легких. Советская психоневрология, № 1, 1939, стр. 109—110.
6. В. М. Исаев. К вопросу об изменениях кишечных ганглиев при туберкулезе и некоторых других заболеваниях. СПб, 1887.
7. А. С. Лурье. Изменения в нервной ткани симпатических узлов и блуждающих нервов при гнойных поражениях и новообразованиях легких. Злокачественные новообразования. Acta medica, в. 1, Киев—Харьков, 1945, стр. 75—92.
8. А. Т. Хазанов. Об изменениях вегетативной системы при раке желудка. Архив патологической анатомии и патологической физиологии, т. 3, в. 3, 1937.
9. А. Г. Черняховский. Об иннервации опухолей. Труды 1 съезда онкологов УССР. Москва—Ленинград, 1940, стр. 192—208.

კლინიკური მდიცინა

ა. კვიციანი

ქრონიკული დიზენტერიის დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის
საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ტატიშვილმა 21.4.1959)

მიუხედავად იმისა, რომ უდიდესი წარმატებებია მოპოვებული ინფექციურ დაავადებათა წინააღმდეგ ბრძოლაში და საბოლოოდ ლიკვიდირებულია მთელ რიგ ნოზოლოგიურ ერთეულთა ეპიდემიები, რომლებიც საუკუნეების მანძილზე მძვინვარებდნენ, ზოგიერთი დაავადება დღესაც ვრცელდება ეპიდემიურად, თუმცა მათი ხელისშემწყობი სოციალური ფაქტორები ძირითადად აღმოფხვრილია.

დაავადებათა ამ უკანასკნელ ჯგუფს პირველ რიგში მიეკუთვნება დიზენტერია. უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში დიზენტერიის შესწავლის საქმეში გადადგმულია დიდი ნაბიჯები (როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული თვალსაზრისით), მაგრამ დიზენტერია ჯერჯერობით სეზონურად კვლავ ვრცელდება საქმაოდ დიდ ეპიდემიურ კერებად. ჩვენ შორს ვართ იმ აზრისაგან, რომ დიზენტერიით დაავადება, თითქოს წლითიწლობით მატულობდეს, როგორც ეს ზოგიერთ ავტორს ჰგონია, მაგრამ, სამწუხაროდ, უნდა ვალიაოთ რომ მის გავრცელებას ჯერჯერობით არ ახასიათებს შემცირების ტენდენცია, თუ არ ჩავთვლით ლენინგრადისა და ზოგიერთი სხვა ქალაქის მცხოვრებთა წარმატებებს, რომლებმაც შესძლეს დიზენტერიის, როგორც ეპიდემიური პროცესის, ლიკვიდაცია.

თუ, ომამდე დიზენტერია ძირითადად მიგვაჩნდა მწვავე პათოლოგიურ პროცესად, რომლის მოხდის შემდეგ ავადმყოფთა კონტიგენტი ინფექციის მატარებლებად აღარ ითვლებოდნენ, უკანასკნელი წლების გამოკვლევებმა და დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ დიზენტერიული რეკონვალესტენტების საგრძნობი პროცენტი რჩება ინფექციის ბუდედ, ცალკეულ ჩამქრალ ვულკანებად, რომლებიც სეზონურ ეპიდემიას უმზადებენ ნიადაგს.

ბაქტერიული დიზენტერია კოსმოპოლიტური დაავადებაა, რომელიც ერთნაირად ემართება მოსახლეობას, დაწყებული შორეული ჩრდილოეთიდან—გათავებული სამხრეთის ცხელი ქვეყნებით. მაგრამ დაავადების მეტი გავრცელება მაინც წლის ცხელ თვეებზე მოდის და ავადმყოფობაც უფრო მწვავედ ტროპიკულ და სუბტროპიკულ მხარეებში მიმდინარეობს. წლის ცხელ პერიოდში თავს იჩენს აგრეთვე ეპიდემიის განვითარების ხელშემწყობი დამატებითი ფაქტორებიც. მაგ., კვებისა და წყლის რეჟიმის ხშირი დარღვევა, ორგანიზმის გაღარიბება ვიტამინების ბალანსით და ზოგიერთი კლიმატური თავისებურება, რაც სამხარეო პათოლოგიის პროფილს განსაზღვრავს. სიბზოს ფაქტორი (მაგალითად, ძლიერი ყინვები ან პაპანაქება სიცხე), როგორც ახლა აღიარებულია სპეციალისტების მიერ, ხელს უწყობს ქრონიკული დი-



ზენტერიის ჩამოყალიბებას მწვავე პროცესისაგან, მაგრამ ეპიდემიურ პირველ ეტაპში სიკვება დაამწყვეტ როლს თამაშობს, ყინვა კი არ შეიძლება იყოს ამ ფაქტორის წყარო.

თუ მხედველობაში მივიღებთ ამ დაავადების ეპიდემიოლოგიის განსაკუთრებულ სირთულეს (დიზენტერიის რეკონვალესცენტების სახით მრავალი ბუდობის არსებობას), პროფილური ხასიათის სტაციონარს შეუძლია შესარულოს გადამწყვეტი როლი ამ დაავადების ეპიდემიის ლიკვიდაციის საქმეში.

დიდი სამამულო ომის წლებში ეპიდემიოლოგებისა და კლინიკისტების (უმთავრესად საბჭოთა ავტორების), კერძოდ სამხედრო ექიმების, დაკვირვებებმა გვიჩვენეს, რომ მწვავე დიზენტერიული პროცესი ხელსაყრელ პირობებში გადადის ქრონიკულ ფორმაში და ამ უკანასკნელის წარმოშობის შესაძლებლობა შეადგენს არა ერთეულ პროცენტს, როგორც წინათ ფიქრობდნენ, არამედ 60%-ზე მეტს.

დამტკიცებულია, რომ მწვავე პროცესისგან ქრონიკული დიზენტერიის ჩამოყალიბების ხელისშემწყობ ფაქტორებს წარმოადგენენ დაგვიანებული და არასწორი მკურნალობა, ინტერკურენტული დაავადებები, ქიებისა და პროტოზოური ინვაზიები, აგრეთვე ფსიქიკური დამბულობა და გაღიზიანება.

ჩვენი კლინიკის დაკვირვებით, ქრონიკული დიზენტერიის ჩამოყალიბების მთავარ და გადამწყვეტ ფაქტორს, ზემოთ დასახელებულ ფაქტორთაგან, წარმოადგენს პირველი ფაქტორი, ე. ი. როცა ავადმყოფი დაგვიანებით მიმართავს საექიმო დახმარებას, ან ექიმი არ დგას ჯეროვან სიმძალეზე და სათანადოდ არ იცნობს ამ ავადმყოფობას.

თანამედროვე დიზენტერია სხვადასხვა ასაკობრივი ჯგუფებისა და მიხედვით ხასიათდება განსაკუთრებული პოლიმორფიზმით, მაგრამ საჭიროა აღინიშნოს, რომ ეს ავადმყოფობა ვაცილებით მძიმედ მიმდინარეობს ბავშვებში, განსაკუთრებით სამი წლის ასაკამდე.

განსაკუთრებულ სიმძლავრეს წარმოადგენს ქრონიკული დიზენტერიის დიაგნოსტიკა და სწორი თერაპია. სწორედ ამ საკითხების გაშუქებას ისახავს მიზნად წინამდებარე შრომა.

ქალაქ თბილისის ინფექციურ დაავადებათა საავადმყოფოში ჰოსპიტალიზაციას გადის ყველა ავადმყოფი, დაავადებული ცალკეული თუ შერეული ინფექციებით. მათ შორის ხვედრითი წონით პირველი ადგილი უკავია ბაქტერიულ დიზენტერიას.

ჩვენი დაკვირვებით, ეპიდემიური აფეთქებანი სეზონურ ხასიათს ატარებენ ძირითადად მწვავედ დაავადებულთა ხარჯზე, ხოლო დაავადების ქრონიკული ფორმა მთელი წლის განმავლობაში ერთნაირი მაჩვენებლებით ნაწილდება, მაგრამ, მწვავე ფორმასთან შედარებით, ხვედრითი წონით ქრონიკული ფორმა ვაცილებით მეტია ზამთრის თვეებში, ვიდრე ზაფხულში. ზამთრის თვეებში ქრონიკული ფორმის სიჭარბე საავადმყოფოს მასალებით უნდა აიხსნას ეპიდემიოლოგიური სამსახურის, კერძოდ სანეზიდსადგურის სათანადო მუშაობით; ამ დროში მეტი შესაძლებლობაა ქრონიკული ფორმის გამოვლენისა, ხოლო სტაციონარებს შეუძლიათ უფრო ღრმად შეისწავლონ ქრონიკული ფორმით დაავადებულნი და უმკურნალონ მათ.



მასალა მოიცავს დიზენტერიის ქრონიკული ფორმით დაავადებულ 249 ავადმყოფს, მათ შორის გახანგრძლივებული ქრონიკული ფორმის 65 (26,1%) და რეციდივული ფორმის 184 ავადმყოფს (73,9%).

საჭიროა აღინიშნოს, რომ გახანგრძლივებული ქრონიკული ფორმით დაავადებულთა კლინიკაში მოსვლამდე საერთოდ არც მიუძღრათავთ საეჭიპო დახმარებისათვის და მათ შორის დიდ უმეტესობას (60,8%) არ გაუვლია სტაციონარული მკურნალობა, ასე, მაგალითად, 65 ავადმყოფიდან ამბულატორულად, არა სისტემატიურად მკურნალობდა მხოლოდ 20 ავადმყოფი.

სტაციონარში იმყოფებოდა 7 ავადმყოფი და ისინიც იმის გამო, რომ აპენდიციტის ოპერაცია უნდა გაეკეთებინათ; როდესაც ამ შემთხვევებს რეტროსპექტიულად ვიხილავთ, ირკვევა, რომ ავადმყოფები ქირურგიულ განყოფილებაში მოხვდნენ არა პროფილის მიხედვით და აპენდიციტის სიმულაციის გამო მათ გაუკეთდათ უშედეგო ოპერაცია. ამ უკანასკნელ შემთხვევებთან დაკავშირებით საჭიროა აღინიშნოს, რომ ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულნი, რომელთაც პერიკოლიტური მოვლენები აწუხებთ და გამოიყვანებული მარცხენა და მარჯვენა კოლიტი აქვთ, ხშირად დიაგნოსტიკური შეცდომების წყაროდ ხდებიან.

რეციდივული ხასიათის ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულთაგან სტაციონარში ერთჯერად მკურნალობდა 42 ავადმყოფი, ორჯერად—12; სამჯერად და მეტად—4 ავადმყოფი. ამ ჯგუფიდან აპენდიციტის გამო ოპერაცია გაუკეთდა 6 კაცს, რომლებიც აგრეთვე ქირურგიულ სტაციონარში მოხვდნენ არა პროფილის მიხედვით. ცალკეულ კლინიკისტი-ინფექციონისტების, მაგალითად, ფელზენისა და სხვების კლასიფიკაციით გამოიყოფა როგორც დიზენტერიის ცალკე ფორმა აპენდიციტი, მაგრამ ეს უფრო ეხება ავადმყოფების მწვავე მიმდინარეობას, რაც განსაკუთრებით იშვიათი მოვლენაა. დაავადების ხანდაზმულობის მხრივ ყურადღებას იქცევს პროცესის განსაკუთრებული ხანგრძლივობა (1 წლიდან 10 წლამდე).

რეციდივული ფორმით დაავადებულთა ჯგუფიდან (184 შემთხვევა) 6 თვემდე ავადმყოფობა ჰქონდა 16 ავადმყოფს, ნახევარი წლიდან ერთ წლამდე—42 ავადმყოფს, 2 წლიდან 4 წლამდე—82 ავადმყოფს, 5 წლიდან 10 წლამდე—39 ავადმყოფს და უფრო მეტ ხანს—5 ავადმყოფს.

ქრონიკული გახანგრძლივებული ფორმით დაავადებულთა ავადმყოფობის ხანგრძლივობა იძლევა შემდეგ სურათს: ნახევარ წელს ავადმყოფობდა 14 კაცი, 1 წლიდან 2 წლამდე—22,3 წლიდან—5 წლამდე—15,6 წლიდან 10 წლამდე—7 და უფრო მეტ ხანს—7 კაცი.

როგორც მოსალოდნელი იყო, ქრონიკული დიზენტერიული პროცესის ხანგრძლივობა უფრო მეტად ახასიათებს რეციდივული ფორმით დაავადებულებს, ვიდრე გახანგრძლივებული ფორმით დაავადებულებს, ვინაიდან პირველ შემთხვევაში პერიოდულად თავს იჩენს მოჩვენებითი გამოჯანმრთელება, რასაც შეცდომაში შეყავს როგორც თვით ავადმყოფი, ასე მისი მკურნალი ექიმი.

თუ მწვავე დიზენტერიული რეკონვალესცენტი ან ქრონიკული ფორმით დაავადებული ავადმყოფი მკურნალობის სისტემური კომპლექსური კურსის



ჩატარების შემდეგ ერთი წლის განმავლობაში არ იძლევა ნაწილებს დისფუნქციის სუბიექტურ ან ობიექტურ ნიშნებს, ასეთ შემთხვევაში პროცესი დამთავრებულია უნდა ჩაითვალოს და ასეთი რეკონვალესცენტი მოიხსნას აღორციელებად.

ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებული ავადმყოფის სიმპტომკომპლექსი მრავალრიცხოვანი და მეტად სხვადასხვაგვარია, სადაც ავადმყოფობის ობიექტურ ნიშნებს უარობს სუბიექტური ჩივილი. თითქმის მუდმივ სიმპტომს წარმოადგენს მუცლის გამუდმებული ყრუ ან შეტევითი ტკივილები. ვახანგრძლივებული ფორმით დაავადებულთ გამუდმებული ყრუ ტკივილი აქვთ 64,9% შემთხვევაში, ხოლო რეციდივული ფორმით დაავადებულთ შეტევითი ტკივილები აქვთ—68,4% შემთხვევაში, მეტეორიზმი—90% შემთხვევაში (რაც მოწმობს იმას, რომ ნაწილებში დუდილის პროცესი მიმდინარეობს), მუცლის არამყარი მოქმედება ძლიერი შეკრულობით (76,8%), უმადობა (91,8%), წვა და ტკივილი პირის ღრუში (36,5%), განსაკუთრებით ენისა (42,9%), პირის სიმშრალის გრძობა (48,9%), საჭმლის მიღების შიში, ტკივილი და სიმძიმის გრძობა ეპიგასტრიუმის არეში (55,4%), გამოჯანმრთელების იმედის დაკარგვა და ხშირად მელანქოლიური გამომეტყველება (ავადმყოფთა თითქმის 70%-ს).

ობიექტურ ნიშანთაგან საჭიროა აღინიშნოს ავიტამინოზის მოვლენები: მოლაპალაპე წითელი ენა (60,5%) ხშირად გინგივიტებით, კანის სიმშრალე და აქერცვლა (60%), ტურგორის დაქვეითება (52,8%), მუცლის ბერვა (58,5%), ცხერის განავლისებური განავალი (65,8%), დროდადრო მუცლის ლორწოვან ჩირქოვანი განავლითა და მლიმენტარული დისტროფიის მოვლენებით. უკანასკნელი შეიძლება გამოიხატოს გამხდრობაში, კახექსიაში და განსაკუთრებით უყურადღებოდ მიტოვებულ შემთხვევებში—საერთო უცილო შემუშებაში (სულ 6 შემთხვევა—24%).

ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებული ავადმყოფის ობიექტური გასინჯვის დროს უყრადღებას იქცევს სიგმოიდური ნაწილის კედლების მტკივნეულობა და შემკვრივება (91,2%), რაც უნდა აიხსნას ან კუნთების სპასტიკური შეკუმშვით, ანდა კედლების ანთებადი ინფილტრაციით; ეს კი გამოწვეულია ხანგრძლივი ანთებით. პროცესის ხანდაზმულობის მიხედვით ანთება მოიცავს მსხვილი ნაწილის როგორც დისტალურ მონაკვეთს, ისე პროქსიმალურსაც. სტუფანოვის კლასიფიკაციით ქრონიკული დიზენტერიული პროცესის ხანდაზმულობა სიგმოიდითან ერთად განისაზღვრება იმითაც, რომ პროცესი თანდათანობით ვრცელდება განივ კოლინჯზე და ბრმა ნაწილებზე. მხედველობაში ვიღებთ რა ამ ავტორის მსჯელობას ჩვენს მასალაზე, რასაც საკმაო ხანდაზმულობა ახასიათებს, მარცხენა კოლიტი (სიგმოიდითი) შემჩნეულია 88,8%-ში, ხოლო ორმხრივი კოლიტი (სიგმოიდითი და ცეციტი)—71,2% შემთხვევაში.

მხედველობაში ვიღებთ რა ორგანოს სეკრეტორული და მოტორული ფუნქციის ხანგრძლივ დარღვევას, ჩვენს მასალაზე სიმკვავიანობის დაქვეითება აღინიშნა შემთხვევათა 91,4%-ში; აქედან 27,4%-ში სიმკვავიანობა მკვეთრად იყო დაქვეითებული.

თუ მწვავე დიზენტერიის დიაგნოსტიკა განსაკუთრებულ სიძნელეს არ წარმოადგენს, გაცილებით რთული და ძნელია ნაწლავთა ქრონიკულ დაავადებათა დიფერენციალურ სწორი ორიენტირება. როგორც ცნობილია, პრაქტიკულად მომუშავე ექიმების უდიდესი უმეტესობა არ იცნობს ქრონიკული დიზენტერიის ეპიდემიოლოგიას და კლინიკას. ზემოთქმულის მიხედვით, ქრონიკულ დიზენტერიულ დაავადებათა ზუსტი დიაგნოსტიკისათვის აუცილებელი და სავალდებულოა დიაგნოსტიკის კომპლექსური მეთოდი. ავადმყოფის დეტალურ ანამნეზურ შესწავლასა და ავადმყოფობის კლინიკური სიმპტომების შეჯამებასთან ერთად, ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში უნდა ვისარგებლოთ გამოკვლევის დამატებითი ტესტებით, როგორც კომპრობაციური მეთოდი, ბაქტერიოლოგიური და რექტორომანოსკოპიული-ენდოსკოპიული.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ გამოკვლევის ამ მეთოდთან არცერთი არ არის რთული და ყოველი სტაციონარი ან პოლიკლინიკური დაწესებულება მოვალეა გამოიყენოს ეს მეთოდები.

ამასთან ერთად საჭიროა გვახსოვდეს, რომ აღნიშნული დიაგნოსტიკური ტესტები ღირებული და დამაჯერებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მათ იყენებენ დინამიურად, რაც უზრუნველყოფს (საკითხის დიაგნოსტიკური მხარის გარდა) ავადმყოფის მკურნალობის სწორად და თანამიმდევრულად წარმართვას.

გამოვიყენეთ რა კომპრობაციური გამოკვლევის მეთოდი ჩვენს მასალაზე, ჩვენ დავრწმუნდით ამ ტესტის ღირებულებაში. შემთხვევათა 100%-ში ყაბზობის ან დიარეის დროს გამუდმებით აღინიშნებოდა ლორწოს გამოყოფა. შემთხვევათა 50 და მეტ პროცენტში აღინიშნებოდა ჩირქის გამოყოფა, ზოგჯერ განავალი წარმოადგენდა ლორწოვან-ჩირქოვან მასას. სისხლნარევიბა აღინიშნება მხოლოდ გამწვავების ან რეციდივის დასაწყის პერიოდში.

გამოკვლევის რექტორომანოსკოპიული მეთოდი ჩვენ არ მიგვაჩნია ვადამწვეტ მეთოდად დიზენტერიის დიაგნოსტიკის საქმეში, როგორც ამას ფიქრობს ზოგიერთი ავტორი, მაგრამ სხედველობაში ვიღებთ რა მსხვილი ნაწლავის დისტალური მონაკვეთის არჩევით დაზიანებას უმრავლეს შემთხვევაში, ეს ტესტი დიაგნოსტიკურ ღონისძიებათა სხვა კომპლექსთან ერთად, უეჭველად ყველაზე საიმედოა. მსხვილი ნაწლავის ლორწოვანის (დისტალური მონაკვეთის) ანთებადი პროცესი, მისი ზანგრძლივობისა და ინტენსივობის მიხედვით, შეიძლება გამოიხატოს კატარულ, კატარულ-ფიბრინოზულ, ფიქროზულ-დიფტერიულ, ფიბრინოზულ-წყლულოვან ანთებაში, პოლიპოზში და სხვა.

წინააღმდეგ ძველი ავტორების მოსაზრებისა (კერძოდ პათოლოგ ანატომებისა), ნაწლავის კედლების დაწყლულება ჩნდება არა მეექვსე-მეშვიდე დღეს, არამედ ხშირად დაავადების მეორე დღეს. ეს აბსოლუტურად ლოგიკურია, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ავადმყოფობის მეორე დღიდანვე დაავადებულებს აქვთ ლორწოვან-სისხლიანი განავალი ჩირქის ნარევით, რაც მოწმობს ნაწლავების კედლების ნეკროზსა და დარღვევას. ენდოსკოპურად ჩვენს მასალაზე მივიღეთ შემდეგი სურათი: კატარული კოლიტი აღინიშნება შემთხვევათა 66,9%-ს, კატარულ-ფიბრინოზული—13,8%-ს, ფიბრინოზულ-წყლულოვანი კოლიტი—12,0%-ს, პოლიპოზური—6,7%-ს.



ყველა დიაგნოსტიკური ტესტებიდან განავლის ბაქტერიოლოგიური გამოკვლევა ითვლება დიზენტერიის ყველაზე ძველ და საიმედო დიაგნოსტიკურ მეთოდს. ბაქტერიოლოგიური ტექნიკისა და კვალიფიკაციური კადრების თანამედროვე მდგომარეობა, ცხადია, არ შეიძლება შევადაროთ წარსულს, მაგრამ მთელი რიგი მიზეზების გამო ჩვენ არ შეგვიძლია მივალწოთ დიზენტერიის მიკრობების ამოთესვას თვით იმ შემთხვევაშიც კი, როცა კლინიკურად აშკარად არის გამომჟღავნებული დიზენტერია. ცნობილია, რომ დიზენტერიული მიკრობების ამოთესვის პროცენტი მწვავე ფორმით დაავადებულებს ბევრად უფრო დიდი აქვს, ვიდრე ქრონიკული ფორმით დაავადებულებს, მაგრამ ეს პროცენტი სხვადასხვა ავტორებს მეტად ცვალებადი (ვარიაციული) აქვთ. ჩვენს მასალაზე ამოთესვის პროცენტი უდრის 36%-ს. ამასთანავე რეციდივული ფორმით დაავადებულთა ჯგუფში ამოთესვის პროცენტი მაღალია და უდრიდა 42%-ს, ხოლო გახანგრძლივებული ფორმით დაავადებულთა ჯგუფში—24,5%-ს. ამოთესილი მიკრობების ტიპაჟი გვიჩვენებს ჰის-ფლექსნერის მიკრობების დიდ სიჭარბეს (88,2%); მეორე ადგილი უჭირავს შმიტ-შტუცერის ბაქტერიებს—(6,5%); მესამე—ზონეს (4,2%) და უკანასკნელი ადგილი ნიუქესტლის ბაქტერიებს (1,1%).

საჭიროა აღინიშნოს, რომ გამოკვლევის ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდები ჩვენ გამოვიყენეთ დინამიურად ყველა შემთხვევაში და მივიღეთ უმეტესად პოზიტიური მაჩვენებლები, ბაქტერიოლოგიური მონაცემების გამოკლებით, რომლებიც საგრძნობლად ჩამორჩებოდნენ დიაგნოსტიკის სხვა ტესტებს. ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულთა მკურნალობას საფუძვლად უნდა დაედოს შემდეგი პრინციპები: ხარისხი ავითამინოზისა, ცილოვანი დეფიციტისა, დისბაქტერიოზი ნაწლავებში, დუღილის ან ლპობის პროცესის არსებობა და ავადმყოფის საერთო ფიზიკური მდგომარეობა.

ვითვალისწინებთ რა ლატენტური პროცესის არსებობასა და ორგანიზმის იმუნორეაქტიულობის დაქვეითებას, ექიმმა მხვედველობაში უნდა მიიღოს ორგანიზმის სტიმულაცია და მისი დამცველი აპარატების გაძლიერება.

ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულთა ვიტამინური ცვლის საკითხის შესწავლისას, ჩვენ დავინახეთ საგრძნობი დაქვეითება ვიტამინ „C“-ის სისხლში (საშუალოდ 0,2—0,4—0,6 მგ%), შარდში (საშუალოდ 12—15 მგ%) და ვიტამინების დეფიციტის გადიდება. შევისწავლეთ რა ავადმყოფთა აღნიშნული კონტიგენტის (50 შემთხვევა) ცილოვანი ცვლა, ჩვენ შევნიშნეთ ღვიძლის ფუნქციის საგრძნობი დარღვევა ცილოვანი და აზოტურ ცვლაში, რაც კერძოდ გამოიხატებოდა ჰიპოპროტეინემიით, დეჰამინირაჟიანი ფუნქციის დარღვევით, შარდოვანას წარმოშობის პროცესის დაქვეითებით და პოლიპეპტიდების ფიქსაციის ფუნქციის დარღვევით.

თუ მწვავე ბაქტერიული დიზენტერიის მედიკამენტური მკურნალობა და დიეტეტიკა არავითარ სირთულეს არ წარმოადგენს, სამაგიეროდ ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულის განკურნების ამოცანა მეტად ძნელია. მწვავე დიზენტერიული პროცესი ხასიათდება კუჭნაწლავის ტრაქტის სეკრეტორული ფუნქციის ასევე მწვავე დაქვეითებით, რაც გვიკარნახებს იმას, რომ ავადმყოფები ვკვებოთ ადვილად მოსახელბელი საკვებით, რომელიც



შეიცავს ნახშირწყლებს, ცილებსა და ცხიმს. ქრონიკული დიზენტერული პროცესის დროს, როგორც ზემოთ იყო თქმული, უმეტეს შემთხვევაში ნაწლავებში ჭარბობს დუღილითი პროცესები, რასაც თან ახლავს ძლიერი მეტეორიზმი, ცილების მკვეთრი დაქვეითება და ცილოვანი შიმშილი. ამის გამო, ასეთ ავადმყოფებს დაუყოვნებლივ უნდა დაენიშნოს ცილოვანი საკმელების (ხორციულის) გაძლიერება და შედარებით უნდა შემცირდეს ნახშირწყლები.

დიზენტერიის საწინააღმდეგო საშუალებები, რომლებიც მეტად ეფექტურად მოქმედებენ ავადმყოფების მწვავე ფორმების დროს, მაგალითად, დიზენტერული ბაქტერიოფაგი, სულფონამიდები და ანტიბიოტიკები, ქრონიკული ავადმყოფების მკურნალობის დროს ნაკლები ეფექტიური იქნებიან, თუ გამოყენებულ არ იქნება მკურნალობის კომპლექსური და თანმიმდევრობითი მეთოდი.

როგორც აღნიშნული იყო, ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულთა უმეტესობას აწუხებს ყაზხობა. აქედან გამომდინარე უფრო გამართლებულია მკურნალობის პირველი ციკლის დაწყება იმუნოგენით.

ზემოთ აღნიშნულ პრეპარატს, როგორც ვაქცინურს, გარდა იმისა, რომ ის მაკროორგანიზმის ფარული, სათადარიგო ძალების მობილიზაციას ახდენს, აქვს პროვოკაციული თვისებები შედარებითი დიარეის გამოსაწვევად, რაც ნიადაგს ამზადებს თერაპიის შემდგომი ციკლების მეტი ეფექტურობისათვის. იმუნოგენი ეძლევა ორი აბი უზმოზე ხუთი დღის განმავლობაში. ამის შემდეგ მეორე ციკლი ტარდება სულფანიმიდებით ან ანტიბიოტიკებით. სულფონამიდებიდან ჩვენ უფრო ვებარობთ ნორსულფაზოლს ან ფტალაზოლს, თითო გრამს ოთხჯერ დღეში— დღის განმავლობაში. იმის გათვალისწინებით, თუ როგორია ავადმყოფის ფიზიკური მდგომარეობა, რაც ხშირად სხვადასხვა ხარისხის დისტროფიაში (კახექსია) გამოიხატება, ჩვენ დიდი წარმატებით ვიყენებთ ციტრატული სისხლის განმეორებით გადასხმას 150—200, რაოდენობით, რასაც ვენაცვლებთ სისხლის პლაზმის გადასხმას ასი—ორასი მლ რაოდენობით 3-დან 4 შეშხაპუნებამდე, 4—5 დღიანი ინტერვალით.

სისტემური თერაპიის მესამე ციკლი შეიცავს ანტიბიოტიკების, კერძოდ სინტომიცინის ან ლევომიცეტინის მიცემას, რაც შედარებით ეფექტურია და დიდ კლინიკურ მასალაზეცაა შემოწმებული სხვა ავტორების მიერაც. აღნიშნული პრეპარატები ეძლევა 0,5 დღეში ოთხჯერ 6 დღის განმავლობაში.

ქრონიკულ ავადმყოფს მკურნალობის დაწყების პირველი დღიდანვე ვუნიშნავთ ინექციის სახით ვიტამინ B₁ 5%/₆-იან ხსნარს 1 მლ დღეში ორიდან—ოთხი კვირის განმავლობაში. იმის გამო, რომ ქრონიკული პროცესის დროს ნაწლავების სეკრეტორულ და მიტორული ფუნქციის მოშლის შედეგად (რასაც თან სდევს ორგანიზმის იმუნორეაქტიულობის საგრძნობი დაქვეითება) აუცილებლად ვითარდება დისბაქტერიოზი—ბაქტერიალური ფლორის პეიზაჟის შეცვლა, მეტად ეფექტიური საშუალებაა პერეცის მიერ მოწოდებული კოლიბაქტერინი, რაც წარმოადგენს ნაწლავის ჩხირის ანტაგონისტურ-აქტიურ შტამს. პრეპარატს ამზადებს კლინიკის ბაქტერიოლოგიური ლაბორატორია დღე-ღამის კულტურისაგან შედგებულ რძეზე და ეძლევა



ავადმყოფს დღეში 150—200 მლ რაოდენობით, ერთიდან სამი კვირის განმავლობაში.

ვიტამინის დეფიციტის შევსების მიზნით ჩვენი გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ასკორბინის მკაფიო უნდა მიეცეს მკურნალობის პირველ ორ კვირას გადიდებული დოზებით 300-დან 500 მგ-მდე დღე-ღამეში, ხოლო შემდეგ დღეში—100-დან 150 მგ-მდე.

ქრონიკული დიზენტერიული პროცესი ეთიოპათოგენეტიურად წარმოგვიდგება, როგორც ლატენტური, არექტიული პროცესი, სადაც ორგანიზმის იმუნორექტიული უნარი მკვეთრად დაქვეითებულია, სადაც ორგანიზმის იმუნოგენური უნარის ამადლები და ორგანიზმის ფარული სათადარიგო ძალების მობილიზაციის მიზნით საჭიროა სტიმულის მიმცემი თერაპია. ამ მიზნით ჩერნოსეოსტოვის მიერ მოწოდებულია დიზენტერიის სპირტიანი ვაქცინა. უკანასკნელი ხუთი წლის განმავლობაში საკმაო მასალა დაგროვდა ქრონიკული დიზენტერიის ვაქცინო-თერაპიის დარგში. გამოჩენილ კლინიკურ ინფექციონისტების უმეტესობა ფრიად დადებით შეფასებას აძლევენ ამ პრეპარატს. ჩვენი დაკვირვებებით, დიზენტერიის სპირტიანი ვაქცინა ქრონიკული დიზენტერიის დაავადებულთა მკურნალობის ძლიერ საშუალებას წარმოადგენს. ამ პრეპარატის გამოყენების წინააღმდეგ ჩვენებებს წარმოადგენს ინტერკურენტული დაავადებანი, ბავშვები ერთ წლამდე და გამოვლენილი კახექსია. სათანადო მოვამზადებთ რა ავადმყოფს (2—3-ჯერ სისხლის ან პლაზმის გადასხმა), სისტემურ მკურნალობასთან ერთად ვიწყებთ ვაქცინო-თერაპიას კანქვეშ შეყვანის მეთოდით, მოზრდილებს 0,25—ერთდღიანი ინტრავალბით, მზარდი დოზებით 3 მლ-მდე, ბავშვებს 0,1 მლ 2—3-დღიანი ინტრავალბით მზარდი დოზებით 1 მლ-მდე.

ვითვალისწინებთ რა ანთებითი ხასიათის ცვლილებებს, ნაწლავის დისტალურ ნაწილში, აუცილებლად მიგვაჩნია სამკურნალო ოცნების გამოყენება.

ლორწოს გაძლიერებული გამოყოფის დროს წარმატებით ვიყენებთ ტანინის სიმეავის 0,5 ან 1% ხსნარს 200 მლ-ის რაოდენობით, რომელსაც ვათბობთ და შეგვყავს გამწმენდი ოცნის შემდეგ, 5—6 დღის განმავლობაში.

ფიბრინოზულ-წყლულოვან და ფიბრინოზულ-ჩირქოვანი კოლიტის დროს შეტად ეფექტურია გრამიცლიდინის ხსნარი 0,04—0,08%-იანი, იმავე მეთოდით, როგორც ტანინის სიმეავისა.

მკურნალობის სიმპტომატიურ საშუალებათაგან ავადმყოფებს ხანგრძლივად ეძლევათ პეპსინი, კანქვეშ ან ვენაში უკეთდებათ გლუკოზა და აგრეთვე ენიშნებათ ჩვენებების მიხედვით ჰიგოენური აბაზანები. ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულის სისტემური ციკლური კომპლექსური მკურნალობის საშუალო ხანგრძლივობა უდრის 5—6 კვირას. ჩვენი მასალების მიხედვით ქრონიკული დიზენტერიით დაავადებულთა ზემოაღწერილი მკურნალობისა და კვების შედეგად კლინიკური გამოჯანმრთელებით გაწერილია 90% 7% გაწერილია საგრძნობი გაუმჯობესებით. მოკვდა ავადმყოფთა 3%.

თბილისის სახელმწიფო
სამედიცინო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 21.4.1959)

ფილოლოგია

ა. კლიშიაშვილი

„ქართლის ცხოვრების“ ერთი ახალი წუსხა 1697 წლისა

(წინასწარი ცნობა)

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. აბულაძემ 14.1.1960)

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ხელნაწერთა ინსტიტუტის მიერ 1959 წლის 12 ოქტომბრიდან 11 ნოემბრამდე მოწყობილ იქნა ექსპედიციის შემოიხრეთში ძველი ქართული ხელნაწერებისა და სიგელ-გუჯრების გამოსავლინებლად და შესაძენად. ამ მიზნით მოვიარეთ და შევამოწმეთ კიბათურის, საჩხერის, ზესტაფონისა და ხარაგოულის რაიონების მნიშვნელოვანი სოფლები, სადაც გამოვავლინეთ საყურადღებო ხელნაწერები და ისტორიული დოკუმენტები, რომლებიც ამჟამად ხელნაწერთა ინსტიტუტის ფონდებშია დაცული.

ხარაგოულის რაიონში ექსპედიციის წევრებმა გამოიხრეთ ცალ-ცალკე გვეგზავრა. პირადად მე წავედი სოფელ კიცხში, საიდანაც სოფელ ლაშეში უხდა ჩამომეგლო და იქ მოსახლე გრიგოლ აბაშიძე-ღაბუაშვილის ოჯახში მომეითხა ძველი ქართული ხელნაწერები და ისტორიული დოკუმენტები. კიცხის საშუალო სკოლის მასწავლებელ-მოწვევებთან გასაუბრების შემდეგ მასწავლებელმა ნუნუ მაჭავარიანმა მომწოდა ცნობა, რომ მის დედას, ოლა ჩრჩილის ასულ მაჭავარიანს, რომელიც სოფელ პატარა ხონში ცხოვრობს, მოეპოვება საგვარეულო დოკუმენტები. ცნობის მიღებისთანავე წავიდი პატარა ხონში.

ოლა მაჭავარიანი დიდად თავაზიანად შემხვდა. საუბარში გამოიჩვენა, რომ მათ ოჯახში მართლაც ჰქონიათ ისტორიული დოკუმენტები და ხელნაწერები, მაგრამ დროთა ვითარებაში დაჰკარგვიათ. მიუხედავად ამისა, მის ოჯახში მე წილად მხვდა მეპოვნა ნუსხახუცურით დაწერილი „ქართლის ცხოვრება“, რომლის მხედრულად ნაწერი ანდერძიდან გაიჩვენა, რომ ხელნაწერი 1697 წელს არის გადაწერილი. საინტერესო და საჭირო იყო გამოვევრკვია, თუ როგორ და რა გზით მოხვედრილა ამათ ოჯახში აღნიშნული „ქართლის ცხოვრება“, რომელიც ვახტანგ VI-ის თაოსნობით ნარედაქციევი „ქართლის ცხოვრების“ უწინარესი გამოდგა. სამწუხაროდ ამ კითხვაზე პატივცემულმა ოლა მაჭავარიანმა ცნობა ვერ მომწოდა.

ხელნაწერის ანდერძი მის დამკვეთს ნიკოლოზ სამებელს ეკუთვნის. ანდერძი ლამაზი, მრგვალი მხედრული ხელით არის დაწერილი. დამკვეთი, ნიკოლოზ სამებელი, თავის ანდერძში დაწერილებით მოგვითხრობს „ქართლის ცხოვრების“ ხელნაწერის გადმონუსხვის გარემოებას. მისი სიტყვით, მის დროს კახეთის ქვეყანა იმდენად ყოფილა დარბეული, რომ „ქართლის ცხოვრება“ აღარსად იპოვებოდა თურმე. როგორც ჩანს, მისი სიტყვით, იმ დროისათვის ეს ძველი არამეტყუ კახთა დიდებულების წიგნთსაცავებში, არამედ კახეთის სამეფო კარის წიგნთსაცავებშიც აღარ შემორჩენილა. ამ ნაკლოვანების შესახებ

და თავისი დიდი ხნის სურვილისა და ნატურის შესასრულებლად ნიკოლოზ უჯარმელ-სამებელს უსარგებლოა მცნეთის წიგნთსაცავში დაცული „ქართლის ცხოვრებით“ და იგი, სავარაუდებელია, სამების ეკლესიაში გადაუნუსხვინებია.

ნიკოლოზ სამებელი ამ ხელნაწერის გადამნუსხველს თავის ანდერძში არ იხსენიებს, მაგრამ, ვფიქრობთ, ამ ხელნაწერის გადამნუსხველი უნდა იყოს სამების ანდერძის მომდევნოდ მოთარგმნულ ანდერძში მოხსენებული იოსებ მაგლობისძე, რომელიც თავის მხრივ დართულ ანდერძში წერს, რომ იგი „არის... ამ წიგნის მამკობელ-გამკეთებელი“.

ნიკოლოზ სამებელ ეპისკოპოსის ანდერძიდან ჩანს, რომ ეს ნუსხა მას ამა ალავერდელის ნიკოლოზ ჩოლაყაძის (ჩოლაყაშვილის) ძმის სახლთუხუცეს ლორმისხან ჩოლაყაშვილისათვის მიუერთებია.

ვიღრე სხვა ცნობებს შევგებოდეთ, უმოგბესია, თვით „ანდერძები“ მოვიყვანოთ, პირველ ადგილს ნიკოლოზ სამებელ ეპისკოპოსის ანდერძი, რომელშიც წერია:

„ქ. დიდება წყალობათა შენთა მიუწოდომელთა, დაუსაბამო, შეუკვალებლო, დაუსრულებლო, ძალმიუწოდომლო, განუზომილო, სამ-რიცხვებო, სამ-თვითებო, სამ-ნათლო, სამ-გვიმოჭებო, სამ-დიდებულო, სამ-ძლიერებო! დიდება შენდა, მამაო ღ/მერთ/ო, უშობელო, გარეშემოუწერელო! დიდება შენდა, ძეო ღ/მერთ/ო, მამისაგან შობილო და ქალწულისა მარიაშისაგან კორციელ ქმნილო! დიდება შენდა, სულო წმინდაო, ღ/უთით/ო, რომელი მამისაგან გამოხვალ და მამისა და ძისა თანა იდიდები და თაყუვანის იცემები! სამებით ცნობილო, ერთ ღ/უ/თავებით და ერთარსებით დიდებულო და განუყოფელო, რომლისა ვერ შემძლებელი არს გონება ანგელოზთაცა მიწოდომად ძლიერებათა შენთა, რომელსა სერაბინნი სამ-წმიდა-არსობით გიგალობენ, დაიდების! გმეტყუელებენ. ზენსა და ქვენსა სიმართლით განმაწესებელი და თითოეულად სახელისმძღებელო, ყოველთა კეთილთა და მიმნიჭებელი წყალობით და სიტკაობით, მადლითა და ნიჭითა, რომელნიცა სურვილითა და წადიერებით ეძიებენ და ითხოვენ შენგან შეწევნასა, მსწრაფლ მიანიჭებ მადლითა წმიდათა შენთთა. მომენიჭა და მომემადლა სასურველი და საწადელი ეს ცხობება და ანბავი ყოვლისა ჩრდალოეთისა საქართველოსი, და მოქცევვა წმიდისა მეთათამეტე მოციქულისა ნინოს მიერ, ცხობება და შარავანდედობა მორწმუნეთა და კეთილად მსახურთა ღ/უთ/ისათა ხოსროანთა⁽¹⁾ და პაკრაციონთა, ვითარ სუფევდენ, ვითარ ძალ-ვდვათ, ვითარ იყოფებოდენ. მსუროდა და მწადოდა, რათამცა კელად მომელთა ამბავი მათი და გარდამომენუსხა. არა იპოებოდა სანახებსა კახეთისასა, არამედ მცხეთის ოდენ ისხნეს ეკლესიასა შინა თავთა მოციქულთასა, სვეტსა ღ/უ/თავ აღმართებულსა, ახალსა იერუსალიმსა. სრულ იქმნა საწადელი ჩემი: მოვიხვენი და გარდავაწერიე ჩვენ, ყოველად უღირსმან, მდაბალმან და არა კადნიერმან, მრუმედ მხედველმან და დრკოდ მავალმან, რეცა ხუცეს-მონაზონმან, რომელსა მომენიჭა უღირსად ეპისკოპოზობა და კელთ-მედვა ზრუნვა უჯარმის კარს დიდებულისა და ცხოველისა ეკლესიისა წმიდისა სამებისა ნიკოლოზის, ძესა მწიგნობართ-უხუცესისა იოანესა. რაოდენი ვპოვე, ანუ დედასა მოგან ეწერიეს, ყოველივე აღვაწერიე და მივართვი ღირსისა და ყოვლად სანატრელისა ამა ალავერდელის ნიკოლოზის ძმას ჩოლაყაძეს, კეთილ მორწმუნესა, რკულსა ქრისტიანობისასა მტკიცედ მპყრობელსა, ღ/უთ/ის

(¹) დიდების (ნუსხაში).

(²) ხოსროიანთა (ნუსხაში).

მოშიშს, სამართალ-გამგეობით ქებულსა სახლთუხუცესს დურმინჯანს მას ეამსა, ოდეს მეფედ ჯდა საქართველოს კახეთის მემკვიდრეთ ჯელმ-წიფეთ შვილი ერეკლე, ხოლო კახეთის ყუენს მიებოდა და განჯის ხანი მპყრობელობდა. დაიწერა დააბასა სამებისასა ქრონიკონს ტ პ ე“ (385—1312-1697).

„ქართლის ცხოვრების“ დამკვეთის ნიკოლოზ სამებელის მხედრულად ნაწერი ანდერძის შემდეგ იმავე ხელით არის დაწერილი ამ ანდერძის დამნუსხელის ანდერძი. მოვიყვანო მასაც მთლიანად:

„ქ. სულისა მიერ წ/მ/ი/ლი/სა გაბრძობილ-გაბრწყინებულის სამებელ ებისკოპოსის მიერ თქმულა ესე და წარმოცემული მე, ყოვლად უღირს-მან და ქუე დამდომილ(მან) იოსებ/ მგალობნიძემან აღვსწერე მცირე და ნაშრომი ქარტა ესე პატრონის ჩვენის ამაზ ალავერდელის ნიკოლოზის ბრძანებით. ღ/უთ/ის სიყუარულისათვის, ვინცა ვინ აღმოიკითხვიდეთ, შენდობით მოიხსენებდეთ შონასა უ/ფლ/ისასა და წიგნისა ამის მამკობელ-გამავეთებულსა“.

ამრიგად, როგორც ვხედავთ, ნიკოლოზ სამებელს მცხეთური „ქართლის ცხოვრება“ 1697 წელს გადმოუწესებინებია და ამაზ ალავერდელ ნიკოლოზ ჩოლაყაძის (ჩოლაყაშვილის) ძმის, სახლთუხუცეს დურმინჯანისათვის მიუბრუნებია. ნიკოლოზ სამებელის მოღვაწეობა ესოდენ საჭირო „ქართლის ცხოვრების“ გადმოწესებით არ ამოიწურება. ის, როგორც სხვა წყაროებიდან ჩანს, თვალსაჩინო როლსავე ყოფილა, მონაწილეობა მიუღია ერეკლე I დროს, 1690 წლის 12 მარტს, შემდგარ საეკლესიო კრებაში და მისი მონაწილეობით ამ კრების ძეგლდება შემუშავებულა [1].

ანდერძში მოხსენიებული სხვა პირის, ამაზ ალავერდელის ნიკოლოზ ჩოლაყაძის (ჩოლაყაშვილის) შესახებ ჩვენს ისტორიოგრაფიაში, უმთავრესად ვახუშტი ბატონიშვილთან, საკმაო ცნობები მოიპოვება, რომელთა მიხედვით ის თვალსაჩინო როლს ასრულებს ქართლ-კახეთის პოლიტიკურ ცხოვრებაში [2].

ეს ცნობები დასტურდება ჩვენამდე მოღწეული დოკუმენტებითაც. ასე, მაგ.: 1701 წლის საბუთში ნიკოლოზ ჩოლაყაშვილი იხსენიება ერეკლე I დაკავშირებით. მას ამ მეფისაგან მიპბარებია ხატები საგანგებო მოქედლობისა. აღსანიშნავია ისიც, რომ ნიკოლოზ ჩოლაყაშვილ-ალავერდელთან ერთად აქ იხსენიებულია მღვდელ-მონაზონი იოსებ მგალობლიშვილი [3]. რომელიც დასახელებულ ერთ-ერთ ანდერძში იოსებ მგალობისძედ იხსენიება.

ნიკოლოზ ამაზ ჩოლაყაშვილს ვხვდებით ხუცუბის ერთ ხელნაწერის წიგნის მინაწერშიც 1703 წლისათვის. მას ამ ცნობის თანახმად დაუხსნია ტყვეობიდან „მარხვანი“ და შეუწირავს წმ. ეესტათეს ტაძრისათვის [4].

ამაზ ალავერდელი ნიკოლოზ ჩოლაყაშვილი 1711 წლის კიდევ ერთ საბუთშიც იხსენიება. ამ საბუთში ნიკოლოზ ჩერქეზიშვილ-რუსთველი ზაქარია ენდრონიკაშვილ-ბოდბელთან ერთად ამაზ ალავერდელს ნიკოლოზ ჩოლაყაშვილ-ალავერდელს ფიცს აღევს, რომ მიტრასა და გვირგვინს არ მოითხოვენ და ამით ალავერდელს „გამსუბუქება“ არ მიადგება [5].

უნდა ვიფიქროთ, რომ ამაზ ალავერდელი ნიკოლოზ იხსენიება კახთა მეფის დავით III-ის მიერ ვახტანგ VI-ისათვის 1720 წელს მიცემულ პირობას წიგნში [6]. აქ მოყვანილი ამაზ ნიკოლოზ ალავერდელი რომ ჩოლაყაშვილია, ამას ალავერდის წმიდა გიორგის ხატზე წარწერაც ადასტურებს. წარწერა 1721 წლით თარიღდება. ამ წარწერიდან ირკვევა, რომ ამაზ ალავერდელ ნიკოლოზ ჩოლაყაშვილს შეუძქია ალავერდის წმიდა გიორგის ხატი, დაუბუთრავს ტაძრის სამხრონი, აუშენებია ოხერი სოფელი და აღუდგენია ტაძრის გალავანი [7, 8].

ამრიგად, ამაზ ალავერდელი ნიკოლოზ ჩოლაყაშვილი მოღვაწე ჩანს კახეთისა 1697—1721 წწ. შორის.



დანარჩენ პირთაგან ზოგიერთი ცნობა დურმიშხანის შესახებაც იძებნება როგორც სენხია ჩხეიძე მოგვითხრობს, როდესაც გიორგი XI-მ კახელებთან შეთანხმების მიზნით მოლაპარაკება დაიწყო, ნინოწმიდაში ქართლიდან გაგზავნილი იყვნენ მის მიერ მთელი რიგი დიდებულები. მათთან შესაყრელად ამ დროს (დაახლოებით XVII საუკ. 90-იან წლებში) კახეთის მხრით მოსულან ერთი თარაფნი სახლთუხუცეს რევაზისა, რომელი მოკიდებული მოვლოდნენ დურმიშხანსა და მის თარაფს [9]. უნდა ვიფიქროთ, რომ აქ მოხსენებული დურმიშხანი ძმაა ამა ალავერდელ ნიკოლოზ ჩოლაყაშვილისა, რომლის მოღვაწეობა, როგორც ვნახეთ, ამ დროიდან იწყება.

იგივე უნდა იყოს ის დურმიშხან ჩოლაყაშვილი, რომელიც მოხსენებულია ბებურ, უზებურ და ქაიხოსროსთან ერთად 1692 წლის გაყრილობის წიგნში [10]. და რომელითვისაც ნიკოლოზ სამებელს „ქართლის ცხოვრება“ მიუერთებია.

აი უმთავრესი ის, რასაც ჩვენ ვხვდებით ანდერძებში მოხსენებულ პირთა შესახებ ძველ წყაროებში.

რას წარმოადგენს ჩვენ მიერ მოპოვებული „ქართლის ცხოვრება“, როგორც თავისი გარეგნული სახით, ისე შედგენილობით?

ხელნაწერი გადაწერილია თეთრ ქალაღზე ნუსხახუცური ხელით და დღე-იანდღიო სახით შეიცავს 201 ფურცელს (402 გვერდს). ამჟამად ის შედგება ოცდარვა რვეულისაგან, რომლებშიც გვხვდება ოთხფურცლიანიც, ექვსფურცლიანიც, რვაფურცლიანიც და ათფურცლიანიც. ადრე კი რვეულთა მეტი რაოდენობა უნდა ყოფილიყო. ლეონტი მროველის თხზულებას რვეულთა სათვალავის მიხედვით დასაწყისიდან ერთი რვეული აკლია, დანაკლისი შიგნითაც შეინიშნება. ასე, მაგ.: თამარ მეფის ისტორიკოსის თხრობას დასაწყისში ერთი ფურცელი აკლია. თუ უამთაღმწერელი ჩვენი ნუსხის უკანასკნელი შემადგენელი ნაწილი იყო, მაშინ ხელნაწერს ბოლოს ორი რვეული ჰქვია. ხელნაწერი დღეს „უამთაღმწერელის“ შემდეგ სიტყვებზე წყდება:

„იქმნა ბრძოლა ძლიერი, და სპა მეფისა წინამბრძოლობდა, და ვითარ აღერიგნეს ურთავრთს, იელტოდა სპა თეგულთარისა, მიმოდაიბნივნეს, მოისრნეს და უჩინო იქმნეს. დარჩა თეგულთარ და ძე მისი მციორ, ულონო იქმნა. მოვიდა სირძონს თანა, და ევედრა, რათა ყანი აბალა იხილოს მან და ძემან მისმან, ისმინა სარმონ, გარნა დააბატიმრნა, და აღილო ტყუფ და დედაწული მისი და ყოველი.“ (შდრ. ს. ყაუხჩიშვილის გამოცემა, ტ. II, გვ. 266).

ხელნაწერს ყდა არა აქვს. ზომა ხელნაწერისა არის კიდებიაანად 30 სმ. X 19,5 სმ., მარტო ნაწერისა კი 22 სმ X 14 სმ. თითოეულ გვერდზე დაწერილია 28 სტრიქონი. ხელნაწერში განკვეთილობის ნიშნად ორი წერტილი იხმარება. სათაურები სინგულით არის ნაწერი. კიდებზე არის მინაწერები. ქალაღს აქვს ჭვირნიშანი სამი — ნახევარმთავარი.

ახლად შექმნილი „ქართლის ცხოვრება“ შედგება შემდეგი ძეგლებისაგან:

- ა. ლეონტი მროველის თხზულებისაგან — „ცხოვრება ქართველთა მეფეთა და პირველთაგანთა ნათესავთა“ (1—36 ფურცელი).

- ბ. ჯუანშერის თხზულებისაგან — „ცხოვრება და მოქალაქობა ვახტანგ გორგასალისა“ (38—70 ფურცელი).

- გ. „წამება წმიდისა და დიდებულისა მოწამისა არჩილისა, რომელი იყო მეფე ქართლისა“ (70—72 ფურცელი).

- დ. „ძატიანე ქართლისა“ (73—92 ფურცელი).

- ე. „ცხოვრება მეფეთა-მეფისა დავითისა“ (92—110 ფურცელი).

- ვ. სუმბატ დავითის ძის თხზულება: „ცხოვრება და უწყება ბაგრატიონიანთა“ (110—117 ფურცელი).

- ზ. „ქართლის ცხოვრების“ დამკვეთის ანდერძი, მისი აღმწერელის ანდერძთან ერთად (118 ფურცელი).

მ. „ისტორიანი და აზმანი შარაენდელთანი“ (119—156 ფურცელი).

თ. ჟამთაღმწერელი (156—201 ფურცელი).

ვახტანგ VI-ის უწინარესი ხანის „ქართლის ცხოვრების“ სამი ნუსხაა დღემდის ცნობილი. ამ ცნობილი ხელნაწერებიდან უადრესია ანა დედოფლისწეულა ნუსხა, რომელიც აღმოაჩინა ივ. ჯავახიშვილმა 1913 წელს. ეს ნუსხა უთარიღოა. აკად. ივ. ჯავახიშვილის განსაზღვრით იგი გადაწერილია 1479—1495 წწ. ისეთი დედნიდან, რომელიც გადაწერილა ყოფილა 1222—1223 წლისათვის.

როგორც დადგენილია, ანა დედოფლისეული „ქართლის ცხოვრების“ ნუსხის დედანზე ადრეც ყოფილა „ქართლის ცხოვრება“, მაგრამ მის ხელნაწერებს ჩვენამდე არ მოუღწევია; ადრეული „ქართლის ცხოვრების“ რედაქციის რაობა შეიძლება მხოლოდ ძველ სომხურ ენაზე დაცული თარგმანით გავითვალისწინოთ. როგორც მისი გამომცემელი და ქართულად გადმომღებელი პროფ. ილია აბულაძე არკვევს, ის XIII საუკუნის მეორე ნახევარში ყოფილა ნათარგმნი სომხურად [1].

ვახტანგის უწინარესი ხანის „ქართლას ცხოვრების“ სხვა ნუსხები—მარიამისეულის და ქალაშვილისეულის — ანა დედოფლისეული „ქართლის ცხოვრების“ შემდეგ დროს ეკუთვნის. ისინი XVII ს-ისად არიან აღიარებული. ამათ ემატება ჩვენი ნუსხაც, რომელიც სხვებისაგან განსხვავებით თარიღიანაა (1697 წ.).

ჩვენ მიერ მიკვლეული „ქართლის ცხოვრება“ ზემოთ დასახელებულთაგან განსხვავებით იმითაც საგულისხმოა, რომ ის ნაწერია ნუსხახუცურით, რაც მის გადამწერს უთუოდ განსწავლულ მწიგნობრად წარმოგვიდგენს.

დასასრულ, აღსანიშნავია ახლად მოპოვებული „ქართლის ცხოვრების“ კიდევ ერთი თვისებაც. კ. ვრიგორიას თავის ნაშრომში—„ახალი ქართლის ცხოვრება“ [12] ვახტანგის წინა დროის „ქართლის ცხოვრების“ განხილვისას მოჰყავს ცნობა სვეტიცხოველის ერთი ფრიალ საინტერესო 1546 წლის გუჯარიდან. საიდანაც ირკვევა, რომ ძველად არსებულა თითქოს რაღაც სახე „ქართლის ცხოვრებისა“, რომელაც წოდებულა მცხეთურად. რანაირი იყო ეს „ქართლის ცხოვრება“, არ ირკვეოდა. დღეიდან კი შესაძლებლობა გვაქვს ჩვენი ნუსხის მიხედვით ზედმიწევნით დავადგინოთ, თუ რას ნიშნავს სახელწოდება „მცხეთური ქართლის ცხოვრება“, რადგან ჩვენ მიერ მიკვლეული ნუსხა, როგორც ანდერძშია ნათქვამი, გადმონაწერია მცხეთის ტაძარში 1697 წლისათვის დაცული „ქართლის ცხოვრებიდან“.

ასეთია ის უმთავრესი ნაშენები, რომლებიც ჩვენ მიერ ახლად მიკვლეული მცხეთური წარმოშობის „ქართლის ცხოვრებას“ ახასიათებს. მათ ჩვენ წინასწარი ცნობის სახით ვაქვეყნებთ. ამას დეტალური შესწავლა მოჰყვება, რაც ახლო მომავლისათვის გვაქვს განზრახული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ხელნაწერთა ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 14.1.1960)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. პ. კ ა რ ბ ე ლ ა შ ვ ი ლ ი. იერარქია საქართველოს ეკლესიისა: კათალიკოსნი და მღვდელთმთავარი. თბილისი, 1900, გვ. 131.
2. ვ ა ხ თ შ უ ტ ი ბ ა ტ ო ნ ი შ ვ ი ლ ი. საქართველოს ცხოვრება. II, თბილისი, 1913, გვ. 204.
3. ხელნაწერთა ინსტიტუტი Ad—231.
4. საქართველოს სახ. მუზეუმის ხელნაწერთა აღწერილობა. A, IV, თბილისი, 1954, გვ. 499—500.

5. ხელნაწერთა ინსტიტუტი Ad—328.
6. „ „ Hd—1433.
7. M. Brosset. Voyage archéologique... I par. СПб., 1850, 66.
8. Г. Н. Чубинашвили. Архитектура Кахетии. Тбилиси, 1959, стр. 371.
9. საქ. ცხოვრება, ს. ჩხეიძის ისტორია. თბილისი, 1913, გვ. 7.
10. ხელნაწერთა ინსტიტუტი Hd—10170.
11. ილია აბულაძე. ქართლის ცხოვრების ძველი სომხური თარგმანი. თბილისი, 1953, გვ. 020.
12. კ. გრიგოლია. ახალი ქართლის ცხოვრება. თბილისი, 1954, გვ. 121—122.

ისტორია

დ. ხახუბანიშვილი

 მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქის რაობის
საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ბერმენიშვილმა 28.4.1959)

უქანასკნელ ხანებში ინტენსიურად გაშლილ არქეოლოგიურ კვლევა-ძიებათა მეოხებით მკვეთრად გაიზარდა წინაფეოდალური ხანის საქართველოს ისტორიის წყაროების ფონდი, რამაც სტიმიული მისცა მონათმფლობელური ხანის საქართველოს (ქართლისა და ეგრისის) სოციალურ-ეკონომიკური ყოფის ძირეულ საკითხთა შესწავლაზე მუშაობის გაცხოველებას. დაისვა და მუშავდება ამ ხანის ქალაქებისა და საქალაქო ცხოვრების ისტორიის საკითხებიც. მართალია, ჩვენ ჯერ კიდევ არ გვაქვს ამ საკითხისადმი მიძღვნილი მონოგრაფიული გამოკვლევები, მაგრამ ქალაქთა ისტორიის რიგ საკითხებზე უკვე არა ერთი საყურადღებო მოსაზრებაა გამოთქმული.

კონკრეტულ საკითხთა შესწავლის გვერდით ნოცემულ იქნა მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქის ზოგადი შეფასებაც. მკვლევართა დიდი ნაწილი (ს. ჯანაშია, ვ. მელიქიშვილი, ა. ავაქიძე, ა. ბოლტუნოვა, მ. ინაძე, ოთ. ლორთქიფანიძე და სხვ.) სავსებით სამართლიანად მონათმფლობელური ხანის ქართულ ქალაქებს ხელოსნობა-ვაჭრობის ცენტრებად მიიჩნევს. ამ საკითხში განსხვავებულ მოსაზრებებს იცავს პროფ. შ. მესხია. „მონათმფლობელური საქართველოს ქალაქების უმრავლესობა, — წერდა იგი 1954 წ. — წარმოიქმნა როგორც ციხეები და ადმინისტრაციული ცენტრები. ქალაქები, უპირატესად, მეურნეობრივად უფრო დაწინაურებულ რაიონებსა და უმნიშვნელოვანეს სავაჭრო გზებზე ჩნდებოდა. ამ ხანის ქალაქები ძველ ქართულ საისტორიო ლიტერატურაში მოიხსენებიან როგორც „ციხე-ქალაქები“, რითაც მონათმფლობელური ქალაქის ციხესთან გენეტიკური კავშირია გამოხატული“ ([1], გვ. 3). 1956 წ. გამოქვეყნებულ ნაშრომში მას აღნიშნული აქვს, რომ „IX—XIII სს. საქართველოს ქალაქები თავისი გარეგნული სახითა და მნიშვნელობითაც განსხვავდებოდნენ მონათმფლობელური ხანის ქალაქებისაგან, რომლებიც ციხეების დამატებას წარმოადგენდნენ და ქართულ წყაროებში VI საუკუნემდე უბრალოდ ქალაქებად კი არ იწოდებოდნენ, არამედ „ციხე-ქალაქებად“. ასეთი ციხე-ქალაქები იყვნენ: არმაზი, კასპი, სარკინე, ხენანი, უფლისციხე, სამშვილდე, რუსთავი, უჯარმა და სხვ.“ ([2], გვ. 136).

1958 წ. „თბილისის ისტორიის“ იმ ნაწილში, რომელიც მის კალამს ეკუთვნის, ავტორი კვლავ დაუბრუნდა ამ საკითხს და განსაზღვრა, რომ: „ციხე-ქალაქები პირველ რიგში ციხეებს წარმოადგენდნენ“ ([3], გვ. 28).

როგორც მოყვანილი ამონაწერებიდან ჩანს, პროფ. შ. მესხია ფიქტობს, რომ: 1) მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქები ხელოსნობისა და ვაჭრობის ცენტრებს, ე. ი. ნამდვილ ქალაქებს კი არ წარმოადგენდნენ, არამედ ციხეების დამატებას, ე. ი. ციხე-ქალაქებს, და ეს გარემოება ასახული ჩანს ქართულ წერილობით წყაროებშიც. 2) მცხეთა ერთიან ქალაქს კი არ წარმოადგენდა, არამედ მის ტერიტორიაზე ორი დამოუკიდებელი ციხე-ქალაქი არსებობდა (არმაზი და სარკინე).

როგორც ვნახავთ, მოსაზრებანი, რომელთა საფუძველზე ასეთი დასკვნა შეიძლება გაკეთდეს, წყაროებში დასაბუთებას ვერ პოულობენ (შდრ. [8], გვ. 5-7).

* * *

როგორც სტრაბონის „გეოგრაფიის“ სათანადო ადგილებიდან ჩანს, ძვ. წ. მიწურულის ქართლში არსებობდნენ: „ქალაქები“ (πάλις), „ციხე-ქალაქები“ (παιλαχια) და „დაბევი“ (Ἐπιουχια) [5]. სათანადო ტერმინოლოგიის შესწავლამ ოთ. ლორთქიფანიძეს საშუალება მისცა ეჩვენებინა, რომ სტრაბონის სამოსახლოების კონკრეტულ ტიპთა აღსანიშნავად ზუსტად დადგენილ სახელებს ხმარობდა ([4], გვ. 5-7). ცხადია, უაღრესად საინტერესოა სტრაბონის ცნობა, რომ იმ ხანის იბერია (ქართლი) უპირატესად ქალაქებად და დაბევადა იყო დასახლებული ([5], XI, 3, 1). სტრაბონს მხარს უჭერენ სხვა ავტორებიც (დიონ კასიოსი, პლინიუსი, მოსე ხორენელი და ა. შ.).

ქართულ საისტორიო მწერლობაში ანტიკური ხანის ქალაქების შესახებ მეტ-ნაკლები ოდენობისა და ღირსების ცნობები სამ ძეგლსა აქვს დაცული. ესენია: „მოქცევაჲ ქართლისაჲ“, ნინოს ცხოვრების უძველესი ვარიანტი და ლეონტი მროველის „ცხოვრება ქართველთა მეფეთა“.

უძველესი მათგანი, „მოქცევაჲ ქართლისაჲ“ მხოლოდ ერთხელ ხმარობს ტერმინ „ციხე-ქალაქს“ და ისიც თბილისის მიმართ, რომელიც, როგორც ცნობილია, ადრეფეოდალური ხანის წარმონაქმნია. „მოვიდა... სპარსთა მეფისა პიტიახში ტფილისად ქალაქად ციხედ და ქართლი მისსა ხარკსა შეუდგა“—გვითხულობთ შარბერდულ ტექსტში ([6], გვ. 720). ძეგლის ქელიშური ვარიანტი იძლევა ამ ადგილის განსხვავებულ წაკითხვას: „...ტფლის და კად ციხედ...“ ([6], გვ. 720). როგორც აკად. ს. ჯანაშიას აქვს აღნიშნული, ამ ადგილის ქელიშური საკითხავი შეიძლება გაიხსნას როგორც „ტფილისს და კალად ციხედ“, ხოლო „შარბერდული საკითხავის „ქალაქი-ციხე“ შერმინდელი ავტორის განმარტებაა“, რამდენადაც „მატიანე თბილისის „გაქალაქებას“ მომდევნო ხანაში დასდებს“ ([7], გვ. 11; შდრ. [8], გვ. 21-22).

ტექსტის ჩვენებიდან ირკვევა, რომ მოხსენებული პუნქტი გარკვეულ დრომდე ციხეს წარმოადგენდა, რომლის მახლობლად (გარშემო?) დაბური მოსახლობა არსებობდა. ეს გარემოება კარგად სკოდნია ჯუანშერსაც (XI ს.), რომელიც ქალაქის მშენებლობის დაწყებას ვახტანგ გორგასალს (V ს. მეორე ნახევარი) მიაწერს, ხოლო დამთავრებას—მის ძეს დანის ([9], გვ. 200, 205).

ასე რომ „მოქცევაჲ ქართლისაჲს“ მოყვანილი ცნობა მონათმფლობელური ხანის ქალაქის რაობის განსაზღვრისათვის არ გამოდგება, რადგან იგი სხვა სოციალური გარემოს ძეგლს შეეხება.

სხვა შემთხვევაში ძეგლის ავტორი წინაფეოდალური ხანის მოსახლობათა აღსანიშნავად ხმარობს გამოთქმებს: „ქალაქი“, „ციხე“ და „დაბაჲ“ ([6], გვ. 708 და შმდ. შდრ. [10]); ამასთან „ციხე“ და „დაბაჲ“ შეიძლება არსებულყოფიერ როგორც ქალაქის კუთვნილი, ისე „დამოუკიდებელი“.

წმ. ნინოს ცხოვრების უძველესი ვარიანტი საერთოდ არ იცნობს „ციხე-ქალაქს“. მონათმფლობელური ხანის ქართლში (იბერიაში), ძეგლის ცნობით, შეიძლება გვეჩვენებოდეს: „დიდი ქალაქი“, „ქალაქი“, „დიდი ციხე“, ქალაქის „ციხე“ და „დაბაჲ“ (ქალაქის კუთვნილი, ან „დამოუკიდებელი“) ([6], გვ. 736—813).

ყველაზე დიდი საცდური მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქის ციხე-ქალაქად აღიარებისათვის ლეონტი მროველის თხზულებაშია. დღეისთვის მის მიერ მოწოდებული ძირითადი ცნობები, სამართლიანად, რეალური ვითარების ამსახველ, ძველი წყაროებიდან მომდინარე ცნობებადაა აღიარებული.

მონათმფლობელური ხანის საქართველოში არსებულ მოსახლობათა ტიპების აღსანიშნავად მროველის თხზულებაში შემდეგი ტერმინები გვხვდება: „ქალაქი“ („დიდი ქალაქი“, „სამეფო ქალაქი“, „მეფეთა ქალაქი“, „დედაქალაქი“, „ქალაქი“), „ციხე-ქალაქი“, „ციხე“ (ქალაქისა და დამოუკიდებელი), „დაბაჲ“ (ქალაქისა და დამოუკიდებელი) და „სოფელი“.

მოხსენებულ ტერმინთაგან, მოცემულ შემთხვევაში, ყურადღებას იქცევს „ციხე-ქალაქი“, რომელიც მხოლოდ რიცხვში ლეონტი მროველს მხოლოდ ერთხელ აქვს ნახმარი: „ასფაგურ აღაშენა ციხე-ქალაქი უჯარმაჲ“ ([11], გვ. 59). ცნობილია, რომ უჯარმა ადრეფეოდალური ხანის ციხე-ქალაქია და ამდენად ძეგლის ეს ადგილი მონათმფლობელური ქალაქების შესწავლისათვის არ გამოდგება. თვით უჯარმის შესახებაც კი ლეონტი ადასტურებს, რომ ასფაგურ მეფის მიერ აშენებული ეს „ციხე-ქალაქი“ მომდევნო პერიოდში „ქალაქად“ გადაიქცა ([11], გვ. 121, 128).

ყველა სხვა შემთხვევაში „ციხე-ქალაქი“ მას მრავლობითი რიცხვის ფორმითა აქვს ნახმარი—„ციხე-ქალაქნი“. თუ დადასტურდებოდა, რომ ლეონტის „ციხე-ქალაქნი“ უდრის ციხე-ქალაქებს, მაშინ მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქის ციხე-ქალაქობა წერილობითი წყაროებით მაინც დასაბუთდებოდა. ფაქტობრივ კი, როგორც ვნახეთ, საწინააღმდეგო სურათი დასტურდება.

ჩვენთვის საინტერესო საკითხის გადასაწყვეტად გასაღებს იძლევა მოცემული სახელის გრამატიკულ რიცხვზე დაკვირვება.

...პოვნა ციხე-ქალაქნი ესე ძლიერნი შუა ქართლ: წუნდა, ხერთვისი მტკურისა, ოძრვე... თუხარისი ...ურბნისი, კასპი და უფლისციხე, ქალაქი დიდი მცხეთა და უბანი მისნი... რუსთავი, და დედა-ციხე სამშვილდე, და მტუერის ციხე, რომელ არს ხუნანი და კახეთისა ქალაქნი. აზონ მოარღვენა ზღუდენი ქალაქსა მცხეთას საფუძვლითურთ, და და-

უტევნა ოთხი იგი ციხენი... და ყოველთა ქართლისა ქალაქთა მობრუნა ზღუდენი“ ([11], გვ. 17, 19).

„ფარნავაზ მოზღუდა ქალაქი მცხეთა მტკიცედ. და ყოველნი ქალაქნი და ციხენი ქართლისანი, მოოჯრუნესნი აღექსანდრესაგან, ამან აღაშენა“ ([11], გვ. 25).

(არტაგ მეფემ) „განამაგრნა ციხენი და ქალაქნი. მოვლეს სპარსთა ყოველი ქართლი, მოოჯრუნეს ველნი, არამედ ციხე-ქალაქნი ვერა-რომელი წარიღეს“ ([11], გვ. 30).

(სუმბატ ბიერტიანი) „შემოვიდა ქართლად. და მოაოჯრა ქართლი, რომელი ჰოვა ციხეთა და ქალაქთა გარე; ხოლო ციხე-ქალაქთა არა ჰბრძოდა, რამეთუ არა მზა იყო მსწრაფლ გამოსვლისაგან“ ([11], გვ. 47).

მოყვანილი ამონაწერებიდან ცხადად ჩანს, რომ ლეონტი მროველთან „ციხე-ქალაქნი“ „ციხეებისა“ და „ქალაქების“ (და არა „ციხე-ქალაქების“) აღმნიშვნელი კრებითი სახელია (მსგავსად კრებითი სახელების: ჰერ კახნი სვან-მეგრელნი, და-ძმანი, დაბა-ქალაქნი და ა. შ.). მიღებული დასკვნის შემაგრება იმითაც შეიძლება, რომ ქართლის ცხოვრების ხელნაწერები იძლევიან ამ სიტყვის კითხვასხვაობებს: „ციხე-ქალაქნი“ („ციხენი და ქალაქნი“).

მაშასადამე, ლეონტი მროველი მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქის აღსანიშნავად „ციხე-ქალაქს“ კი არ ხმარობს, არამედ „ქალაქს“ ([4], გვ. 16-17).

ამგვარად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ: 1) ქართული წერილობითი წყაროების დამოწმება მონათმფლობელური ქართლის ქალაქის „ციხე ქალაქობის“ დასადასტურებლად წყაროთა ცნობების არასწორ ვახსნაზეა დაფუძნებული. წყაროებში არ ჩანს მითითებული ხანის ქალაქის გენეტური კავშირი ციხესთან; 2) ქართულ წერილობით წყაროებში ციხე-ქალაქებად იხსენიება აღრეფეოდალური ხანის მხოლოდ ზოგიერთი წარმონაქმნი (უჯარმა, თბილისი).

* * *

მოსაზრება, რომ მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქი წარმოადგენდა ციხის დამატებას, ე. ი. ციხე-ქალაქს, მცდარად გამოიყურება არა მარტო წერილობითი წყაროების, არამედ უპირატესად არქეოლოგიური მასალების სინათლეზე.

არქეოლოგიური ძიებით დადასტურდა წერილობითი წყაროების ცნობები იმის შესახებ, რომ ანტიკური ხანის მცხეთას ჰქონდა: ოთხი ციხე (არმაზი, ზადენ-სევსამორა, ბებრისციხე და ციხედიდი), რამდენიმე კარი, უბნები და დაბანი. მცხეთის ტერიტორიაზე იდგა რამდენიმე კერპი (არმაზი, ზადენი, ვაცი, და ა. შ.) სათანადო ტაძრებით. ქალაქს ჰქონდა საკუთარი რაბადი (სავაქრო უბანი) და საქალაქო ზღუდე, რამდენიმე წყალსადენი, საკუთარი სახელოსნო უბნები და მონათმფლობელური ხანის აღმოსავლური ქალაქის ყოფისათვის დამახასიათებელი სხვა ელემენტები.

უდავოა, რომ მცხეთა ვერ ეტევა „ციხე-ქალაქის“ ჩარჩოებში. წარმოუდგენელია ციხე-ქალაქს ჰქონდეს რამდენიმე ძლიერი ციხე და უზარმაზარ ტერიტორიაზე იყოს გაშლილი.

ანტიკური ხანის მცხეთის სახელოსნოების ნაწარმი არა მარტო ქართლში, არამედ მეზობელ ქვეყნებშიცაა დადასტურებული. ხელოსნობის დარგების შორს წასული დანაწევრება ([12], გვ. 116—137), მძლავრი მეტალურგიული და კერამიკული წარმოება, მაღალგანვითარებული ოქრომქედლობა, ცხოველი ეკონომიკური კავშირები მეზობლებთან თუ შორეულ ქვეყნებთან, ტერიტორიული სივრცე და თავდაცვით ნაგებობათა გრანდიოზულობა, მოსახლეობის მკვეთრი სოციალურ-ეკონომიკური დიფერენციაცია და ეთნიკური სიჭრელე მცხეთას მონათმფლობელური ხანის აღმოსავლეთის ერთ ერთ მძლავრ საქალაქო ცენტრად გვახატავს.

1956 წ. გამოქვეყნებულ ნაშრომში შ. მესხია, ჩამოთვლის რა მონათმფლობელური ხანის ქალაქებს („ციხე-ქალაქებს“), სულაც არ იხსენიებს მცხეთას. ეს შემთხვევითი არ არის. იგი მას ორი დამოუკიდებელი ციხე-ქალაქის (არმაზი, სარკინე) სახით აქვს წარმოდგენილი ([2], გვ. 136). ერთიანი ქალაქის ნაწილებად წარმოდგენა, როგორც ჩანს, ნაკარნახევი იყო შემუშავებული კონცეფციის მთლიანობის შენარჩუნების ინტერესებით. მაგრამ, თუ მივყვებით შემოთავაზებულ გზას, იმულებული ვიქნებოდით მონათმფლობელური ხანის მცხეთა დაგვეყო არა ორ, არამედ ოთხ ციხე-ქალაქად: სარკინესა და არმაზის გვერდით მცხეთის თანასწორუფლებიანი სექტორებია სეფსამორა—წიწამური და სანთავრო—ბებრისციხე (ე. წ. „მუხრანის კერძი ქალაქი“).

1948 წ. გამოქვეყნებულ ნაშრომში შ. მესხიას ძველი მოსაზრებების გვერდით მოცემული აქვს მათი გამომრიცხველი ახალი მოსაზრება: „თბილისის მახლობლად, — წყოს იგი, — უძველესი დროიდანვე არსებობდა ქალაქები: ჩრდილოეთით მცხეთა, სარკინე, უფლისციხე, აღმოსავლეთით — რუსთავი, სამხრეთით — სამშვილდე, ხუნანი და სხვ.“ ([3], გვ. 7). V—VI საუკუნისათვის, როგორც სავაჭრო-სახელოსნო ცენტრები, უკვე აღარ არსებობენ წინაფეოდალური ხანის ქალაქები — კასპი, ნეკრესი, მოვაკანი, სარკინე და ურბნისი. V—VI საუკუნიდან იწყება აგრეთვე ქართლის უძველესი დედაქალაქის მცხეთის ეკონომიკური და პოლიტიკური მნიშვნელობის დაცემა“ ([3], გვ. 10). რამდენიმე გვერდის შემდეგ ავტორი უბრუნდება თავის ადრინდელ კონცეფციას და მოგვითხრობს, რომ „V—VI საუკუნიდან საქართველოში ფეოდალური ურთიერთობის დამყარებამ დიდი ცვლილება მოახდინა საქალაქო ცხოვრებაში. ამ ცვლილებების წყალობით ბევრმა ძველი მონათმფლობელობის დროინდელმა ციხე-ქალაქმა (დაყოფა ჩვენიად. ს.) დაკარგა თავისი მნიშვნელობა (კასპი, ურბნისი, სარკინე, მცხეთაც კი)“ ([3], გვ. 28).

ამგვარად, მონათმფლობელური ხანის ქართლის ქალაქები, ე. ი. ხელოსნობა-ვაჭრობის ცენტრები, მოულოდნელად ისევ ციხე-ქალაქებად მოგვევლინენ, რომლებიც „პირველ რიგში — ავტორისავე განმარტებით — სიმაგრეებს წარმოადგენდნენ“ (იქვე), მართალია, ავტორი „ციხე-ქალაქის“ განმარტებისას აღნიშნავს, რომ იგი „პირველ რიგში“ და „უპირატესად“ წარმოადგენდა



„სიმაგრეს“, მაგრამ ასეთი განსაზღვრა არ ცვლის იმ შეუსაბამობას, რომელიც რეალურ ვითარებასა და აღნიშნულ კონცეფციას შორის არსებობს. უფრო მეტიც, 1958 წ. გამოქვეყნებულ ნაშრომში მონათმფლობელური ხანის ქალაქის შესახებ მოცემულია კიდევ ერთი მიუღებელი დებულება. „ფეოდალური ურთიერთობის გამარჯვების შემდეგ—წერს შ. მესხია,—განვითარებული საქალაქო ცხოვრება ძველი ციხე-ქალაქის ფარგლებში ველარ ეტევა და ქალაქის მოსახლეობაც საქმიანობას ციხის კედლებს გარეთ იწყებს. ამიერიდან ციხე გადაიქცევა ქალაქის დამატებად, მას უკვე ქალაქის მოსახლეობისა და აქ გამავალი გზის დაცვა ევალება“ ([3], გვ. 28).

როგორც მოყვანილი ამონაწერიდან ჩანს, ავტორი ფიქრობს, რომ მონათმფლობელური ხანის ქალაქის („ციხე-ქალაქის“) მოსახლეობის ეკონომიკური საქმიანობა ციხის კედლების შიგნით მიმდინარეობდა და მხოლოდ ფეოდალურ ხანაში გამოვიდა იგი ძველი ციხის ზღუდის გარეთ. აქ ქართული ქალაქების ისტორიული ტოპოგრაფიის ისეთი სურათია მოცემული, რომელიც არ დასტურდება წერილობითი წყაროებისა და მატერიალური კულტურის ძეგლთა მონაცემებით—ციხე არსად და არც ერთ ეპოქაში არ ყოფილა იმ პუნქტად, სადაც მოსახლეობის ეკონომიკური საქმიანობა მიმდინარეობდა.

ავტორი ფიქრობს, რომ არმაზი წირმოადგენდა დამოუკიდებელ ციხე-ქალაქს ([2], გვ. 136). მაგრამ რა მასალები გვაქვს იმის სამტკიცებლად, რომ არმაზციხე მცხეთის ამ რაიონის მოსახლეობის ეკონომიკური საქმიანობის კერას წარმოადგენდა? ეკონომიკური საქმიანობის მანიშნებელი ძეგლები მცხეთის ტერიტორიაზე ბევრ ადგილასაა დადასტურებული (არმაზისხევი, სარკინეთი, სავანეთი, სამთავრო, საგუბარი, კარსანი და ა. შ.), მაგრამ ერთი მათგანიც არ არის რეგისტრირებული რომელიმე ციხის ტერიტორიაზე. მაშასადამე, ჩვენ ჯერჯერობით თითქოს არა გვაქვს რაიმე საფუძველი ვამტკიცოთ, რომ მონათმფლობელური ხანის ქალაქის მოსახლეობის საქმიანობა ციხის შიგნით მიმდინარეობდა. ფაქტობრივად მასალები კი მიუთითებენ, რომ მოსახლეობის საქმიანობა მიმდინარეობდა არა ციხის, არამედ ქალაქის ტერიტორიაზე და ყოველთვის გადიოდა საქალაქო ზღუდის გარეთ.

უფრო მეტიც, როგორც ხოვლეს ძველი სამოსახლოს გათხრებმა დაადასტურა, მოსახლეობის ეკონომიკური საქმიანობა წინაკლასობრივ ხანაშიც კი, მსხვილი სამოსახლოს ციხის კედლებს გარეთ, მისგან საქმაოდ დაშორებით მიმდინარეობდა.

ნოსაზრება, რომ ანტიკური ხანის საქართველოს ქალაქი არ წარმოადგენდა ციხის დამატებას, დასტურდება არა მარტო მცხეთის, არამედ უფლისციხისა და სხვა ქალაქების მაგალითებზეც.

გამოირკვა, რომ ძვ. წ. IV—III საუკუნეში უფლისციხე წარმოადგენდა ტიპობრივ აღმოსავლურ-ქართულ ქალაქს დამახასიათებელი შიდა- და გარე-ქალაქით, ერთიანი გეგმარებით და ქუჩებით, გზებითა და კარებით, კლდეკართითა და სამდინარო ნავსადგურით, გვირაბითა და კლდეში ნაკვეთი თხრილით. უფლისციხის დაბები რამდენიმე კილომეტრზე იყო გაშლილი მტკვრის მარცხენა სანაპიროს შედევენებით ([13], გვ. 369—375).



თუ ანტიკური ხანის ქალაქები უპირატესად სიმაგრეებს წარმოადგენდნენ, საკითხავია, რა უნდა დაეცვა უფლისციხეს? თუ ავიღებთ იმ გზასა და კლდექარს, რომელიც უფლისციხის შიდაქალაქის ჩრდილოეთით მდებარეობს, ვნახავთ, რომ უფლისციხე ამ კლდექარისა და გზის დასაცავად კი არ არის აგებული, არამედ, პირუტყუ, ამ მძლავრი ქალაქური მოსახლობის არსებობამ გააპირობა აქ საერთაშორისო სავაჭრო გზის ტრასის გავლა და გრანდიოზული კლდექარის გაკვეთის აუცილებლობა. მაშასადამე, უფლისციხე „პირველ რიგში“ სიმაგრე კი არ იყო, არამედ ხელოსნობა-ვაჭრობის ცენტრი, რომელსაც მართლაც სკირდებოდა და ჰქონდა კიდევ საკუთარი ციხე.

ამგვარად, მონათმფლობელური ხანის ქართული ქალაქი „ციხე-ქალაქს“ კი არ წარმოადგენდა, არამედ ხელოსნობა-ვაჭრობის ცენტრს, ე. ი. ნამდვილ ქალაქს. წერილობითი წყაროები და არქეოლოგიური მასალები, უდავოდ, მხოლოდ ასეთი დასკვნის საფუძველს იძლევიან.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
აკად. ი. ჯავახიშვილის სახელობის
ისტორიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.5.1959)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ш. А. Месхиа. Города и городской строй феодальной Грузии. Автореферат. Москва, 1954.
2. Ш. А. Месхиа. Из истории грузинского феодального города IX—XIII вв. ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის ინსტიტუტის შრომები, II, თბილისი, 1956.
3. შ. მესხია. დ. გვრიტიშვილი, მ. დუმბაძე, ა. სურგულაძე. თბილისის ისტორია. თბილისი, 1958.
4. О. Д. Лордкипанидзе. Ремесленное производство и торговля в Мцхета в I—III вв. н. э. (к изучению экономики городов Иберии античного периода). Ленинград—Тбилиси, 1956.
5. Strabo. Geographica. XI, 2, 18; XI, 3, 1.
6. Е. Такайшвили. Описание рукописей „Общества распространения грамотности среди грузинского населения“. II, Тифлис, 1906—1912.
7. ს. ჯანაშია. ფეოდალური რევოლუცია საქართველოში. შრომები, I, თბილისი, 1949.
8. დ. გვრიტიშვილი, შ. მესხია. თბილისის ისტორია. თბილისი, 1952.
9. ჯუანშერი. ცხოვრება ვახტანგ გორგასალისა. ქართლის ცხოვრება, I, თბილისი, 1955.
10. ნოდარ შოშიაშვილი. ურბნისი—საქართველოს უძველესი ქალაქი. ჟურნ. „ციცქარი“, № 4, 1958, გვ. 131.
11. ლეონტი მროველი. ცხოვრება ქართველთა მეფეთა. ქართლის ცხოვრება, I, თბილისი, 1955.
12. О. Д. Лордкипанидзе. Ремесленное производство и торговля в Мцхета в I—III вв. н. э. სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, 65, 1957.
13. დ. ხახუტაიშვილი. ანტიკური ხანის უფლისციხე ახალმოპოვებული მასალების სინათლე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXI, № 3, 1958.

მთ. რედაქტორი — საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
აკადემიკოსი რ. დვალაძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.3.1960; შეკვ. № 227; ანაწეობის ზომა 7×11;
ქალაქის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 9,5;
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 10,96; უე 00591; ტირაჟი 800

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, გ. ტაბიძის ქ. № 3/5
Типография Издательства Академии Наук Грузинской ССР, ул. Г. Табидзе, № 3/5

დავულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკები-სა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევენ საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით მ ბეჭდური თანხის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი წლის ნაკვეთები (სულ 6 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 აკადემიკოსებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალკე თითოეულ ენაზე, საესეზოთი გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები შეაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდა გვარად 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 ნახევრები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა სათანადო ენებზე უნდა აღნიშნოს დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსავლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებზე შეკრული ერთი კორექტურა შეატარებ განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენილობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დასაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 25-25 ამონაბეჭდი ქართულ და რუსულ ენებზე.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძეგუნიძის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XXIV, № 3, 1960

Основное, грузинское издание