

1954/2



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
მ ო ა მ ბ ე

გომი XV, № 8

ბირთვური, ქართული გამოსემა

1954



შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

- 1. თ. გგგელია. კოსმის ტიპის ინტეგრალის სასახლერო მნიშვნელობათა შესახებ არავლჯი ფართეულებისათვის 481
- 2. შ. ფხაკაძე. აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლის ცნების სხვადასხვა განსაზღვრის შესახებ 489

ფიზიკა

- 3. გ. მუსხელიშვილი. კოსმოსური გამოსხივების ელექტრონული კომპონენტის წარმოშობის შესახებ ზღვის დონიდან 3250 მ სიმაღლეზე 497
- 4. ვ. ასრიბეკოვი. ნუკლონ-ანტინუკლონურ წყვილთა ანიჰილაციის თეორიისათვის 505

გეოფიზიკა

- 5. ა. ბუნნიკაშვილი, ვ. ქეზულაძე. მონეტრალე დენების გავლენის შესახებ მიწის რეგიონალური ელექტრული დენის ჩანაწერებზე 513

მატიკოლოგია

- 6. გ. სულაქველიძე. სველი თოვლის სითბოგამტარობის ზოგერთი საკითხის შესახებ 517

აბრკობიმი

- 7. ვ. ლეჟავა. მიკროელემენტების გავლენა ჩაის ფოთლის მოსავლიანობაზე 523

ენობათმცოდნეობა

- 8. ბ. ლორთქიფანიძე. კათოდური დაცვის გათვლის საკითხისათვის 529

მეცნიერებათა ისტორია

- 9. გ. ყრუაშვილი. საშემოდგომო ზორბლისათვის ნაჭარბლარის დამუშავების სიღრმის შესახებ 535

ექსპერიმენტი. მდვიობა

- 10. გ. გზირიშვილი და ვ. კიდერაძე. კუპის ინტეროცეპტორების გაღიზიანების გავლენა პერიფერიული სისხლის სურათზე და ლეიკოციტოზის განვითარების მექანიზმი 543

მეცნიერების ისტორია

- 11. პ. ფირფილაშვილი. სამთავროს სამაროვანში გათხრების შედეგად მოპოვებული მასალები ძველთა სისტემის დაავადების შესწავლისათვის 551

თ. გავალია

 კოვჩის ტიპის ინტეგრალის სასაზღვრო მნიშვნელობათა
 შესახებ არაბლუში ფართულფუნქციისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 2.3.1954)

ვთქვათ, S არის ფართობადი ზედაპირი, რომელიც არ კვეთს თავის თავს; P და Q აღნიშნავს ევკლიდის სამგანზომილებიანი სივრცის წერტილებს, ხოლო $r(Q, P)$ — მანძილს მათ შორის. განვიხილოთ ინტეგრალი

$$\bar{\Phi}(P) = \iint_S \frac{M(Q, P) \bar{\varphi}(Q)}{r^2(Q, P)} dS_Q \quad (P \in S), \quad (1)$$

სადაც $M(Q, P) = \|m_{ij}(Q, P)\|$ ($ij = 1, \dots, n$) მოცემული მატრიცია, ხოლო $\bar{\varphi}(Q) = (\varphi_1(Q), \dots, \varphi_n(Q))$ S -ზე განსაზღვრული ინტეგრებადი ვექტორია.

(1) ინტეგრალის სასაზღვრო მნიშვნელობათა ფორმულები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ სასაზღვრო ამოცანათა და სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიაში [1, 6].

ვ. კუპრაძემ [1, 2, 4] აავსო (1) სახის პოტენციალები, გამოიყენა მათთვის სასაზღვრო მნიშვნელობათა ფორმულები, როცა S ლიპუნოვის შეკრული ზედაპირია, ხოლო $\bar{\varphi}(Q) \in H$ და გამოიყენა ცხინი რხევის სასაზღვრო ამოცანებში.

ვ. ტრეციინსკიმ [3] გამოიყენა სასაზღვრო მნიშვნელობათა ფორმულები საკმაოდ ზოგადი $M(Q, P)$ -სათვის, როცა S ე. წ. სრულად რეგულარული გახსნილი ზედაპირია, ხოლო $\bar{\varphi}(Q) \in H$ და გამოიყენა ისინი წრფივად შეუღლების სასაზღვრო ამოცანათა და სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიაში.

ა. ბიწაძემ [5, 6] გამოიყენა (1) ინტეგრალის სასაზღვრო მნიშვნელობათა ფორმულები, როცა $M(Q, P)$ რ. მიხეისის [7] მატრიცია, S ლიპუნოვის ზედაპირია, ხოლო $\bar{\varphi}(Q) \in H$. მან აგრეთვე გამოიყენა ეს ფორმულები სასაზღვრო ამოცანათა და სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიაში.

ამ სტატიაში ჩვენ განვაზოგადებთ (1) ინტეგრალის სასაზღვრო მნიშვნელობათა ფორმულას. განზოგადება შეეხება ერთდროულად როგორც $M(Q, P)$ მატრიცს, ასევე $\bar{\varphi}(Q)$ ფუნქციებს და S ზედაპირს. მიღებული დეგებს გამოიყენებთ სხვა ნაშრომში წრფივად შეუღლების სასაზღვრო ამო-



ცანათა და სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიის ზოგიერთი საკითხის განხილვისათვის.

1. ვთქვათ, $K = \|k_{ij}\|$, $N = \|n_{ij}\|$, $i, j = 1, 2, \dots, n$. სიმოკლისათვის შევთანხმდეთ ვწეროთ $K \equiv N$ თუ $|k_{ij}| \leq |n_{ij}|$ ($i, j = 1, \dots, n$). აღვნიშნოთ U -თი მატრიცი $\|u_{ij}\|$ (სადაც $u_{ij} = 1$, $i, j = 1, 2, \dots, n$), ხოლო C , C^0 და C^* -ით რაიმე დადებითი მუდმივები. ცხადია; თუ $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \dots, \varphi_n)$ და $|k_{ij}| \leq C$ ($i, j = 1, \dots, n$), მაშინ

$$K \equiv CU \text{ და } |K\bar{\varphi}| \equiv nC|\bar{\varphi}|. \quad (2)$$

ვთქვათ, ახლა $M(Q, P)$ მატრიცი აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს: იგი განსაზღვრულია, როცა $Q \in S$, ხოლო P ეკუთვნის S -ის რომელიმე $G(S)$ მიდამოს; იგი ინტეგრებადია Q -ს მიმართ S -ზე ყოველი P -სათვის $G(S)$ -დან; თითქმის ყველა Q -სათვის S -ზე

$$M(Q, P) \equiv CU, \quad M(Q, P_1) - M(Q, P_2) \equiv C \frac{r(P_1, P_2)}{r(Q, P_1)r(Q, P_2)} U, \quad (3)$$

როგორც უნდა იყოს $P_1, P_2 \in G(S)$.

შემოვიღოთ შემდეგი ტერმინი. S -ზე განსაზღვრულ უწყვეტ $\bar{\varphi}(Q)$ ვექტორს ვუწოდოთ T კლასის ფუნქცია, თუ არსებობს, თანაბრად P -ს მიმართ S -ზე,

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \iint_{S(P, \delta)} \frac{|\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P)|}{r^2(Q, P)} dS_Q = \iint_S \frac{|\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P)|}{r^2(Q, P)} dS_Q,$$

სადაც $S(P, \delta) = S - S'(P, \delta)$, ხოლო $S'(P, \delta)$ არის S -ის ნაწილი, რომელიც მოთავსებულია $C(P, \delta)$ სფეროს შიგნით.

ქვემოთ ჩვენ მოვიყვანთ T კლასის ფუნქციათა მაგალითებს.

მოვიყვანოთ რამდენიმე მარტივი დებულება, რომელთაც ქვემოთ გამოვიყენებთ.

1°. თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T$ S -ზე, მაშინ არსებობს, თანაბრად P -ს მიმართ S -ზე,

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \iint_{S(P, \delta)} \frac{|M(Q, P)(\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P))|}{r^2(Q, P)} dS_Q.$$

2°. თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T$ S -ზე, მაშინ

$$\left| \iint_{S'(P, \delta)} \frac{M(Q, P)(\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P))}{r^2(Q, P)} dS_Q \right| \equiv nC \iint_{S'(P, \delta)} \frac{|\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P)|}{r^2(Q, P)} dS_Q \equiv J_0(P, \delta) \rightarrow 0,$$

როცა $\delta \rightarrow 0$, თანაბრად P -ს მიმართ S -ზე.

3°. თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T$ S -ზე, მაშინ ინტეგრალი

$$\bar{\psi}(P) = \iint_S \frac{M(Q, P)(\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P))}{r^2(Q, P)} dS_Q \quad (4)$$

უწყვეტი ფუნქციაა S -ზე.

(¹) ეს პირობა შეიძლება შევასუსტოთ.

აღნიშნოთ $\Gamma(P) = \|\gamma_{ij}(P)\|$ -თი ($i, j = 1, \dots, n$) მატრიცა

$$\Gamma(P) = \iint_S \frac{M(Q, P)}{r^2(Q, P)} dS_Q \quad (P \in S) \quad (5)$$

და დამატებით შემდეგი თეორემა.

თეორემა 1. ვთქვათ, $P_0 \in S$, $\lambda \equiv \{P_n\} \in G(S) - S$ ($n = 1, 2, \dots$) და $\lim_{n \rightarrow \infty} P_n = P_0$. თუ $\bar{\varphi}(Q)$ ინტეგრებადი ვექტორია S -ზე, $\bar{\varphi}(Q) \in T$ S -ის რომელიმე $S(P_0, \alpha)$ მიდამოში და არსებობს $\lim_{n \rightarrow \infty} \Gamma(P_n) = \Gamma_\lambda(P_0)$, მაშინ

$$\bar{\Phi}_\lambda(P_0) \equiv \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{\Phi}(P_n) = \Gamma_\lambda(P_0) \bar{\varphi}(P_0) + \iint_S \frac{M(Q, P) (\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P))}{r^2(Q, P_0)} dS_Q. \quad (6)$$

თეორემის დამტკიცებას წარუშუქდვაროთ ორი მარტივი ლემა.

ლემა 1. ვთქვათ, $S' = S(P_0, \frac{\alpha}{2})$, $P \in S'$ და არსებობს სფერო, $C(R, \beta)$ ისეთი, რომ $P \in \bar{C}(R, \beta)$ და $C(R, \beta) \subset G(S) - S$. აღნიშნოთ ასეთ P -წერტილთა სიმრავლე G_0 -ით. თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T$ $S(P_0, \alpha)$ -ზე, მაშინ

$$I_1(P, R; \delta) = \iint_{S'(P, \delta)} \left| \frac{M(Q, R) (\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P))}{r^2(Q, R)} \right| dS_Q \rightarrow 0$$

როცა $\delta \rightarrow 0$, თანაბრად P -ს მიმართ G_0 -ზე.

მართლაც, თუ გავითვალისწინებთ უტოლობებს $2r(Q, R) \equiv r(Q, P)$, (2), (3) და 2° -ს, დავსკვნით, რომ $I_1(P, R; \delta) \equiv C^* I_0(P, \delta) \rightarrow 0$, როცა $\delta \rightarrow 0$, თანაბრად P -ს მიმართ G_0 -ზე.

ლემა 2. ვთქვათ, δ ნებისმიერად ფიქსირებული საკმაოდ მცირე დადებითი რიცხვია და $R \in G(S) - S$. თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T$ $S(P_0, \alpha)$ -ზე, მაშინ

$$I_2(P, R; \delta) = \iint_{S'(P, \delta)} \left| \frac{M(Q, R) r^2(Q, P) - M(Q, P) r^2(Q, R)}{r^2(Q, R) r^2(Q, P)} (\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(R)) \right| dS_Q \rightarrow 0$$

როცა $R \rightarrow P$, თანაბრად P -ს მიმართ S' -ზე.

მართლაც, ლემა 2 გამომდინარეობს უტოლობიდან

$$\frac{M(Q, R) r^2(Q, P) - M(Q, P) r^2(Q, R)}{r^2(Q, R) r^2(Q, P)} \equiv \frac{C^*}{\delta^5} r(R, P) U,$$

როცა $2r(R, P) < \delta$, თითქმის ყველა Q -სათვის.

თეორემა 1-ის დამტკიცება. რადგანაც $\lim_{n \rightarrow \infty} \Gamma(P_n) = \Gamma_\lambda(P_0)$, ამიტომ გვექნება $\Gamma(P_n) \equiv C^* U$. ავიღოთ ნებისმიერად $\varepsilon > 0$ რიცხვი. 2° და 3°



დებულებათა და ლემა 1, 2-ის ძალით მოიძებნება ისეთი $\delta > 0$ და $\eta > 0$ რიცხვები, რომ

$$|\bar{\psi}(P) - \bar{\psi}(P_0)| < \frac{\varepsilon}{6}, \quad |\bar{\varphi}(P) - \bar{\varphi}(P_0)| < \frac{\varepsilon}{6nC}, \quad (7_1)$$

თუ $P \in S'$;

$$I_0(P, \delta) < \frac{\varepsilon}{6nC} \quad (7_2)$$

ყოველი $P \in S'$ -სათვის;

$$I_1(P, P_n; \delta) < \frac{\varepsilon}{6} \quad (7_3)$$

ისეთი P და $R = P_n$ წერტილებისათვის, რომელთათვისაც შესრულებულია 1 ლემის პირობები;

$$I_2(P, P_n, \delta) < \frac{\varepsilon}{6}, \quad (7_4)$$

თუ $r(P_n, P) < \eta$ და

$$\Gamma(P_n) - \Gamma_\lambda(P_0) \equiv \frac{\varepsilon}{6n|\bar{\varphi}(P_0)|} U, \quad (7_5)$$

თუ $r(P_n, P_0) < \eta$.

რადგანაც $P_n \rightarrow P_0$, ამიტომ მოიძებნება ისეთი N რიცხვი, რომ, როცა $n > N$ გვექნება $r(P_n, S) = r(P_n, P'_n) \equiv r(P_n, P_0) < \eta$ და $P'_n \in S'(P_0, \delta) = S$ ცხადია, რომ, თუ $n > N$, შესრულებული იქნება (7) უტოლობები ყოველი $P = P_n$ -სათვის. მაშასადამე,

$$\begin{aligned} & |\bar{\Phi}(P_n) - \bar{\psi}(P_0) - \Gamma_\lambda(P_0)\bar{\varphi}(P_0)| \equiv I_2(P'_n, P_n; \delta) + I_1(P'_n, P_n; \delta) + \\ & + nCI_0(P'_n, \delta) + |\bar{\psi}(P'_n) - \bar{\psi}(P_0)| + |\Gamma(P_n) - \Gamma_\lambda(P_0)|\bar{\psi}(P_0) + \\ & + |\Gamma(P_n)(\bar{\varphi}(P'_n) - \bar{\varphi}(P_0))| < \varepsilon, \end{aligned}$$

რისი დამტკიცებაც გვინდოდა.

შემოვიღოთ ახლა შემდეგი განსაზღვრა. S -ს ვუწოდოთ A კლასის ზედაპირი, თუ არსებობს

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \iint_{S(P, \delta)} \frac{M(Q, P)}{r^2(Q, P)} dS_Q \equiv \omega(P) \quad (8)$$

S -ის ყოველი P წერტილისათვის. ქვემოთ ჩვენ მოვიყვანთ A კლასის ზედაპირების მაგალითებს.

თეორემა 1-ის გათვალისწინებით ადვილად მიიღება

თეორემა 1'. თუ თეორემა 1-ის პირობები შესრულებულია და S არის A კლასის ზედაპირი, მაშინ არსებობს

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \iint_{S(P, \delta)} \frac{M(Q, P)\bar{\varphi}(Q)}{r^2(Q, P)} dS_Q = dS_Q \iint_S \frac{M(Q, \bar{P})\bar{\varphi}(Q)}{r^2(Q, P)} dS_Q \quad (P \in S)$$

და

$$\bar{\Phi}(P_0) = \{\Gamma_\lambda(P_0) - \omega(P_0)\}\bar{\varphi}(P_0) + \iint_S \frac{M(Q, P_0)\bar{\varphi}(Q)}{r^2(Q, P_0)} dS_Q. \quad (9)$$

2. ვთქვათ, S შეკრული ფართობადი ზედაპირია, რომელიც არ კვეთს თავის თავს და შემოსაზღვრავს მარტივად მხულ სასრულო D^+ არეს. აღნიშნოთ D^- -ით $D^+ + S$ -ის დამატება მთელ სივრცემდე. ვთქვათ, $K(P) = \|k_{ij}(P)\|$ ($i, j = 1, \dots, n$) $G(S) - S$ -ზე განსაზღვრული მატრიცია. ვიტყვი, რომ $K(P)$ უწყვეტად გაგრძელებადია, თუ არსებობს

$$\lim_{P \rightarrow P_0} K(P) = K^+(P_0) \quad (P \in D^+), \quad \lim_{P \rightarrow P_0} K(P) = K^-(P_0) \quad (P \in D^-)$$

S -ის ყოველი P_0 -წერტილისათვის. სრულიად ანალოგიურად განიშარტება $G(S) - S$ -ზე განსაზღვრული ვექტორის უწყვეტად გაგრძელებადობა.

თეორემა 1-დან უშუალოდ მიიღება

თეორემა 2. თუ $\Gamma(P)$, განსაზღვრული (5) ფორმულით, უწყვეტად გაგრძელებადია და $\bar{\varphi}(Q) \in T S$ -ზე, მაშინ უწყვეტად გაგრძელებადია (1) ინტეგრალიც და

$$\Phi^\pm(P_0) = \Gamma^\pm(P_0) \bar{\varphi}(P_0) + \iint_S \frac{M(Q, P_0) (\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P_0))}{r^2(Q, P_0)} dS_Q \quad (P_0 \in S).$$

მოვიყვანოთ ახლა უწყვეტად გაგრძელებადი $\Gamma(P)$ -ს ზოგიერთი მაგალითი.

ა). ვთქვათ, $\alpha_i \bar{i} + \beta_j \bar{j} + \gamma_k \bar{k} = \bar{n}_Q$ აღნიშნავს S -ის გარე ნორმალის ორტს Q წერტილში, ხოლო $\alpha_i \bar{i} + \beta_j \bar{j} + \gamma_k \bar{k} = \bar{r}(Q, P)$ ვექტორის ორტს. განვიხილოთ მატრიცი $M(Q, P) = \|m_{ij}(Q, P)\|$ ($i, j = 1, \dots, n$), სადაც

$$m_{ij}(Q, P) = \frac{\alpha \alpha_i + \beta \beta_j + \gamma \gamma_k}{4\pi} \quad (i = 1, \dots, n),$$

ხოლო $m_{ij}(i, j = 1, \dots, n; i \neq j)$ არის $\alpha \beta_1 - \alpha_1 \beta$, $\alpha \gamma_1 - \alpha_1 \gamma$ და $\beta \gamma_1 - \beta_1 \gamma$ გამოსახულებათა ნებისმიერი წრფივი კომბინაცია. ადვილად მტკიცდება, რომ $M(Q, P)$ აკმაყოფილებს (3) უტოლობას და $\Gamma(P) = E$, თუ $P \in D^+$ და $\Gamma(P) = 0$ თუ $P \in D^-$, სადაც E ერთეულოვანი მატრიცია, ხოლო 0 - ნულოვანი მატრიცი. მაშასადამე, $\Gamma^+(P) = E$ და $\Gamma^-(P) = 0$.

თეორემა 2-დან დავსკვნით, რომ, თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T S$ -ზე და $M(Q, P)$ არის ახლახან განსაზღვრული მატრიცია, მაშინ (1) ინტეგრალი უწყვეტად გაგრძელებადია S -ზე და სასაზღვრო მნიშვნელობები მოიცემა (10) ფორმულით, სადაც $\Gamma^+(P) = E$ და $\Gamma^-(P) = 0$.

აღნიშნოთ $C(P, \alpha)$ -თი $L(P, \alpha)$ სფეროს ზედაპირი, ახლა ვიგულისხმობთ, რომ S ზედაპირი აკმაყოფილებს დამატებით შემდეგ პირობას: S -ის ნებისმიერი P -წერტილისათვის არსებობს ისეთი $\rho_p > 0$ რიცხვი, რომ $C(P, \alpha) \cdot S = L_{\rho_p}$ არის მარტივი შეკრული წირი ყოველი $\alpha \leq \rho_p$ -სათვის. L_{ρ_p} ყოფს ზედაპირს ორ ნაწილად; აღნიშნოთ $\sigma(P, \alpha)$ -თი $C(P, \alpha)$ -ს ის ნაწილი, რომელიც D^+ -ში ძვს. ადვილად მტკიცდება, რომ S არის A კლასის ზედაპირი, თუ არსებობს

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{\text{mes } \sigma(P, \alpha)}{4\pi\alpha^2} = \omega(P)$$

S -ის ყოველი P -წერტილისათვის; $4\pi\omega(P)$ არის სხეულოვანი კუთხე, რომლითაც მოჩანს S -ზედაპირი P -წერტილიდან. თუ S -ს აქვს მხები სიბრტყე P -წერტილში, მაშინ $2\omega(P)=1$, საზოგადოდ, $0 \leq \omega(P) \leq 1$.

შეენიშნოთ, რომ. თუ S არის ლიაპუნოვის ზედაპირი ან ნაპრობრივ გლუვი ზედაპირი, მაშინ $S \in A$. მარტივად შეიძლება ავაგოთ ისეთი A კლასის ზედაპირი, რომელსაც აქვს წიბოებისა და წვეროების უსასრულო რაოდენობა.

თეორემა 1'-დან დავსკვნით, რომ, თუ $M(Q, P)$ -ში განსაზღვრულ მატრიცია, $S \in A$ და $\bar{\varphi}(Q) \in T$ S -ზე, მაშინ $\bar{\Phi}(P)$ უწყვეტად გაგრძელებადია S -ზე და

$$\bar{\Phi}^+(P_0) = (1 - \omega(P_0))\bar{\varphi}(P_0) + \iint_S \frac{M(Q, P_0)\bar{\varphi}(Q)}{r^2(Q, P_0)} dS_Q, \quad (11)$$

$$\bar{\Phi}^-(P_0) = (-\omega(P_0))\bar{\varphi}(P_0) + \iint_S \frac{M(Q, P)\bar{\varphi}(Q)}{r^2(Q, P_0)} dS_Q. \quad (12)$$

ბ) განვიხილოთ ახლა მატრიცი [1,2,4]

$$\Gamma_1^0(Q, R) \equiv \frac{M(Q, R)}{r^2(Q, R)} = \left\| \begin{array}{ccc} p+q\left(\frac{\partial r}{\partial x}\right)^2, & q\frac{\partial r}{\partial x}\frac{\partial r}{\partial y}, & q\frac{\partial r}{\partial x}\frac{\partial r}{\partial z} \\ q\frac{\partial r}{\partial x}\frac{\partial r}{\partial y}, & p+q\left(\frac{\partial r}{\partial y}\right)^2, & q\frac{\partial r}{\partial y}\frac{\partial r}{\partial z} \\ q\frac{\partial r}{\partial x}\frac{\partial r}{\partial z}, & q\frac{\partial r}{\partial y}\frac{\partial r}{\partial z}, & p+q\left(\frac{\partial r}{\partial z}\right)^2 \end{array} \right\| \frac{d}{dn_Q} \left(\frac{1}{r} \right) + p \left\| \begin{array}{ccc} 0, & \sigma_{12}, & \sigma_{13} \\ -\sigma_{12}, & 0, & \sigma_{23} \\ -\sigma_{13}, & \sigma_{23}, & 0 \end{array} \right\|,$$

სადაც

$$\sigma_{12} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{r} \right) \cos n_Q y - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{r} \right) \cos n_Q x,$$

$$\sigma_{13} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{r} \right) \cos n_Q z - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{r} \right) \cos n_Q x,$$

$$\sigma_{23} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{r} \right) \cos n_Q z - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{r} \right) \cos n_Q y, \quad p, q = \text{const.}$$

ადვილად მტკიცდება, რომ $M(Q, P)$ აკმაყოფილებს (3)-ს და

$$\Gamma(R) = \begin{cases} -4\pi \left(p + \frac{q}{3} \right) E, & R \in D^+, \\ 0, & R \in D^-. \end{cases}$$

თეორემა 2-დან დავსკვნით, რომ, თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T$, მაშინ $\bar{\Phi}(R)$ უწყვეტად გაგრძელებადია S -ზე და სასაზღვრო მნიშვნელობები მოიცემა (10) ფორ-

მულებით, სადაც $\Gamma^+(P) = -4\pi \left(p + \frac{q}{3} \right) E$ და $\Gamma^-(P) = 0$.

თუ $q=0$, $4\pi\rho=-1$, S ლიაპუნოვის ზედაპირია და $\bar{\varphi}(Q) \in H$, მაშინ მივიღებთ [5]-ში განხილულ შემთხვევას.

3. ვთქვათ, S არის შეკრული ფართობადი ზედაპირი, რომელიც არ კვეთს თავის თავს, ხოლო $M(Q, P)$ არის მატრიცი, განხილული [6]-ში. ვთქვათ, $\bar{\varphi}(Q) \in T$ S -ზე და განვიხილოთ სინგულარული ოპერატორი

$$I\bar{\varphi} = \bar{\varphi}(P) + 2 \iint_S \frac{M(Q, P)(\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P))}{r^2(Q, P)} dS_Q \quad (P \in S).$$

აღნიშნით T_0 -ით T -ს რომელიმე ქვეკლასი, რომელიც ინვარიანტულია I ოპერაციის მიმართ. მაშასადამე, $\bar{\varphi}(Q) \in T_0$ თუ $\bar{\varphi}(Q) \in T$ და $I\bar{\varphi} \in T$. ქვემოთ ჩვენ მოვიყვანთ ასეთი ინვარიანტული კლასების მაგალითს.

(10) ფორმულების დახმარებით ადვილად მტკიცდება

თეორემა 3. თუ $\bar{f}(Q) \in T_0$, მაშინ $I\bar{f} = \bar{f}$ განტოლებას აქვს ერთადერთი ამოხსნა T_0 კლასში, რომელიც მოიცემა ფორმულით $\bar{\varphi} = I\bar{f}$. ტოლობანი

$$\bar{f} = I\bar{\varphi} \quad \text{და} \quad \bar{\varphi} = I\bar{f} \quad (13)$$

წარმოადგენს სინგულარულ ოპერატორთა შებრუნების ფორმულებს.

თუ, კერძოდ, S -ლიაპუნოვის შეკრული ზედაპირია, და $\bar{\varphi}(Q) \in H$, მაშინ (13) ფორმულები ემთხვევა სინგულარულ ინტეგრალთა შებრუნების ცნობილ ფორმულებს (იხ. [6]).

4. ვთქვათ, S არის ფართობადი ზედაპირი, რომელიც არ კვეთს თავის თავს. ვუწოდოთ S -ს B კლასის ზედაპირი, თუ მოიძებნება ისეთი $C > 0$ რიცხვი, რომ

$$\text{mes } S'(P, \delta) \leq C\delta^2$$

S -ის ყოველი P -წერტილისათვის და ყოველი δ რიცხვისათვის.

ვთქვათ, $M(Q, P) = \|m_{ij}\|$ არის n -განზომილებანი მატრიცი, რომელიც ინტეგრებადია Q -ს მიმართ S -ზე, როცა $P \in S$ და აკმაყოფილებს (3) უტოლობას. განვიხილოთ ინტეგრალი

$$\bar{\psi}(P) = \iint_S \frac{M(Q, P)(\bar{\varphi}(Q) - \bar{\varphi}(P))}{r^2(Q, P)} dS_Q,$$

სადაც $\bar{\varphi}(Q) \in T$ S -ზე.

ადვილად მტკიცდება, რომ, თუ S არის B კლასის ზედაპირი და $\bar{\varphi}(Q) \in H(\alpha)$ ($0 < \alpha \leq 1$), მაშინ $\bar{\psi}(Q) \in T$.

შეიძლება დამტკიცდეს შემდეგი დებულება, რომელიც წარმოადგენს ეიროს [8] ერთი თეორემის განზოგადებას.

თეორემა 4. თუ $\bar{\varphi}(Q) \in H(\alpha)$ ($0 < \alpha \leq 1$) B კლასის S -ზე დაპირზე და

$$\iint_{S(P, \delta)} \frac{M(Q, P)}{r^2(Q, P)} dS_Q \leq C^* U$$

S -ის ყოველი P -წერტილისათვის და ყოველი $\delta > 0$ რიცხვისათვის, მაშინ $\bar{\psi}(P) \in H(\alpha)$, თუ $\alpha < 1$ და $\bar{\psi}(P) \in H(1-\delta)$, თუ $\alpha = 1$ ყოველი ε -სათვის, $0 < \varepsilon < 1$.

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 (რედაქციას მოუვიდა 20.3.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. Д. Купрадзе. Пространственная задача колебаний упругого тела с заданными смещениями на границе. ДАН СССР, т. LXVII, № 2, 1949, стр. 233—236.
2. В. Д. Купрадзе. Граничные задачи теории колебаний и интегральные уравнения. Москва, 1950.
3. W. J. Trjitzinsky. Multidimensional principal integrals, boundary value problems and integral equations. Acta mathematica, 84: 1—2, 1950, p. 1—128.
4. В. Д. Купрадзе. Граничные задачи теории установившихся упругих колебаний, УМН, т. VIII, вып. 3, 1953, стр. 21—74.
5. А. В. Бицадзе. Пространственный аналог интеграла типа Коши и некоторые его применения. Известия АН СССР, Серия мат., 17, 1953, стр. 525—538.
6. А. В. Бицадзе. Обращение одной системы сингулярных интегральных уравнений. ДАН СССР, т. XCIII, № 4, 1953, стр. 95.
7. R. V. Mises. Integral theorems in tree-dimensional potential flow. Bulletin of the American Mathematical Society, vol 50, 1944, p. 599—611.
8. G. Giraud, Équations à intégrales principales. Ann. de l'École Norm. Sup., 3—e sér., t. 51, 1934, p. 251—372.

შ. ფხაბაძე

აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლის ცნების სხვადასხვა განსაზღვრის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 4.5.1954)

ქვემოთ ვისარგებლებთ ჩვენ მიერ [1] შრომაში შემოღებული ტერმინებითა და აღნიშვნებით.

წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა სხვადასხვა განსაზღვრები და ნაჩვენებია, რომ ისინი არ არიან ეკვივალენტური [1]-ში მოცემულ განსაზღვრისა.

განსაზღვრა 1. ვიტყვი, რომ R^n სივრცის X სიმრავლე არის აბსოლუტურად ნულზომის, თუ X -ის ყოველი X' თვლადი კონფიგურაციისათვის არსებობს მისი შემცველი ამოხსნადი კლასი და თითოეული ასეთი M კლასისა და M -ზე განსაზღვრული ყოველი μ ზომისათვის $\mu(X') = 0$.

განსაზღვრა 2. ვიტყვი, რომ R^n სივრცის X სიმრავლე არის აბსოლუტურად ნულზომის, თუ X -ის ყოველი X' სასრული კონფიგურაციისათვის არსებობს მისი შემცველი ამოხსნადი კლასი და თითოეული ასეთი M კლასისა და M -ზე განსაზღვრული ყოველი μ ზომისათვის $\mu(X) = 0$.

განსაზღვრა 3. ვიტყვი, რომ R^n სივრცის X სიმრავლე არის აბსოლუტურად ნულზომის, თუ X -ის ყოველი X' ქვესიმრავლისათვის არსებობს მისი შემცველი ამოხსნადი კლასი და თითოეული ასეთი M კლასისა და M -ზე განსაზღვრული ყოველი μ ზომისათვის $\mu(X') = 0$.

განსაზღვრა 4. ვიტყვი, რომ R^n სივრცის X სიმრავლე არის აბსოლუტურად ნულზომის, თუ არსებობს მისი შემცველი ამოხსნადი კლასი და თითოეული ასეთი M კლასისა და M -ზე განსაზღვრული ყოველი μ ზომისათვის $\mu(X) = 0$.

ადვილად შევნიშნავთ, რომ თითოეული წინა განსაზღვრიდან შემდეგზე გადასვლისას აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლის ცნება არ ვიწროვდება. მაშასადამე, (2) განსაზღვრა „უახლოესია“, ჩვენ მიერ [1]-ში მიღებულ (1) განსაზღვრიდან.

ჩვენ ავაგებთ R^n -ში (2) განსაზღვრის აზრით (მაშასადამე, (3) და (4) განსაზღვრების აზრითაც) აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეს, რომელზეც არაა აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლე (1) განსაზღვრის აზრით. ამას გარდა, ჩვენ ავაგებთ R^n -ში ($n = 1, 2, \dots$) (3) განსაზღვრის აზრით (მაშასადამე, (4) გან-

საზღვრის აზრითაც) აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეს, რომელიც არ არის (1) განსაზღვრის აზრით აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლე.

შემდეგში აბსოლუტურად არაზომადი სიმრავლის ქვეშ ვიგულისხმებთ სიმრავლეს, რომლისთვისაც არ არსებობს შემცველი ამოხსნადი კლასი. ვიტყვი, რომ R^n სივრცის M სიმრავლე არის პირობით დადებითი ზომის (პირობით ნული ზომის) თუ არსებობს მისი შემცველი ამოხსნადი კლასი M დამასზე განსაზღვრული μ ზომა ისეთი, რომ

$$\mu(M) > 0 \quad (\mu(M) = 0).$$

R^n -სივრცის M სიმრავლეს ვუწოდებთ სერპინსკის სიმრავლეს, თუ M და მისი დამატება CM არ შეიცავენ სრულყოფილ ქვესიმრავლეებს და დამოკიდებულებიდან $M \subseteq E$, სადაც E ნებისმიერი სიმრავლეა, გამომდინარეობს:

$$\overline{E - M} < \mathbb{N}.$$

უპირველეს ყოვლისა შევნიშნოთ, რომ ასეთი სიმრავლეები არსებობენ R^n სივრცეში (იხ. [2]). ცნობილია, რომ თითოეული სრულყოფილი სიმრავლე შეიცავს წყვილ წყვილად არამკვეთ სრულყოფილ ქვესიმრავლეებს, რომლებიც ადგენენ კონტინუუმის სიმძლავრის მქონე სიმრავლეთა კლასს. აქედან ადვილად მიიღება სერპინსკის სიმრავლეთა შემდეგი თვისებები:

a) თუ სიმრავლე $E \subseteq M$ და M არის სერპინსკის სიმრავლე, მაშინ E არის სერპინსკის სიმრავლე; მაშასადამე, $\overline{E \Delta M} < \mathbb{N}$ ⁽¹⁾.

b) ჯამი (სხვაობა) სერპინსკის სიმრავლისა და კონტინუუმის სიმძლავრეზე ნაკლები სიმძლავრის მქონე სიმრავლისა არის სერპინსკის სიმრავლე.

c) სერპინსკის სიმრავლის დამატება არის სერპინსკის სიმრავლე.

d) თუ M არის სერპინსკის სიმრავლე, M' კი მისი თვლადი კონთიგურაცია, მაშინ $\overline{M' - M} < \mathbb{N}$; მაშასადამე, თუ ამის გარდა $M \subseteq M'$, მაშინ M' არის სერპინსკის სიმრავლე.

e) თუ M არის სერპინსკის სიმრავლე, მაშინ $l(M) = 0$; თუ, ამის გარდა, L არის ლებეგის აზრით ზომადი სიმრავლე, მაშინ $l(M \cdot L) = l(L)$.

თეორემა. ვთქვათ M_n არის სერპინსკის სიმრავლე R^n სივრცეში. ვთქვათ, აგრეთვე, რომ R^n არის აბელის ჯგუფი რაღაც, შეკრებად წოდებულ, ოპერაციის მიმართ. გარდა ამისა, ვთქვათ, რომ R^n არის R^n ჯგუფის რაიმე ყველგან მკვრივი თვლადი ქვეჯგუფი და ამასთანავე შესრულებულია შემდეგი პირობები:

1°. R^n სივრცის ყოველ E სიმრავლისა და ყოველ a წერტილისათვის $E + a \subseteq E$;

2°. R^n სივრცის ნებისმიერი შემოსაზღვრული M სიმრავლისათვის არსებობენ ისეთი დადებითი ε და r რიცხვები, რომ $S(0; \varepsilon)$ სფეროს ყოველ a წერტილისათვის $M + a \subseteq S(0; r)$.

(¹ თუ A და B ნებისმიერი სიმრავლეებია, მაშინ $A \Delta B$ სიმბოლოთი აღნიშნავენ ვგრეთვოდებულ სიმეტრიულ სხვაობას $(A - B) \cup (B - A)$ -ს.

თუ E_n არის სიმრავლე, რომელიც R^n ჯგუფის R^n ქვეჯგუფის მიმართ თითოეულ მოსაზღვრე კლასთან იკვეთება ერთ და მხოლოდ ერთ წერტილში, მაშინ E_n არის აბსოლუტურად არაზომადი, $E_n \cdot M_n$ კი არის (3) განსაზღვრის აზრით (მაშასადამე, (4) განსაზღვრის აზრითაც) აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლე, მაგრამ იგი არაა (1) განსაზღვრის აზრით აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლე.

გარდა ამისა, თუ შესრულებულია პირობა:

3°. სიმრავლის თვისება, რომ იგი არის R^n ჯგუფის R^n ქვეჯგუფის მიმართ მოსაზღვრე კლასი, ინვარიანტულია მოძრაობის მიმართ, მაშინ $E_n \cdot M_n$ სიმრავლე არის (2) განსაზღვრის აზრითაც აბსოლუტურად ნულზომის.

დამტკიცება. ჯერ დავამტკიცოთ, რომ E_n არის აბსოლუტურად არაზომადი. დავუშვათ წინააღმდეგი. ვთქვათ, რომ M არის ამოხსნადი კლასი, μ -მისზე განსაზღვრული ზომა და $E_n \in M$. რადგან

$$R^n = \sum_{a \in R^n} (E_n + a), \quad E_n + a \simeq E_n$$

და R^n სიმრავლე არის თვლადი, ამიტომ E_n სიმრავლე არ შეიძლება იყოს μ -ნული ზომის. მაშასადამე, არსებობს ისეთი n -განზომილებიანი $S(0; r_0)$ სფერო, რომ

$$\mu[E_n \cdot S(0; r_0)] > 0.$$

ახლა, რადგან R^n მკვრივია R^n -ში, 1° და 2° პირობების ძალით არსებობს ისეთი დადებითი r რიცხვი და წერტილია ისეთი მიმდევრობა a_1, a_2, \dots , რომ

$$a_i \in R^n, [E_n \cdot S(0; r_0)] + a_i \in S(0; r), \quad \rho(a_i; 0) > \rho(a_{i+1}; 0) \rightarrow 0,$$

როცა $i \rightarrow \infty$ და

$$[E_n \cdot S(0; r_0)] + a_i \simeq E_n \cdot S(0; r_0) \quad (i = 1, 2, \dots).$$

გარდა ამისა, ჯგუფური თვისებების ძალით,

$$[E_n \cdot S(0; r_0)] + a_i \quad (i = 1, 2, \dots)$$

სიმრავლეები წყვილ-წყვილად არ იკვეთებიან. აქედან გამომდინარეობს, რომ სასრული რიცხვი

$$\mu[S(0; r)] \equiv \mu \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} [E_n \cdot S(0; r_0)] + a_i \right\} = \sum_{i=1}^{\infty} \mu[[E_n \cdot S(0; r_0)] + a_i] = \infty.$$

მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს, რომ E_n სიმრავლე არის აბსოლუტურად არაზომადი.

შენიშვნა 1. მოყვანილი მსჯელობიდან ჩანს, რომ E_n სიმრავლის ნებისმიერი ქვესიმრავლე არ შეიძლება იყოს პირობით დადებითი ზომის.

ვთქვათ $L(M_n)$ არის $L + M_1' - M_2'$ სახის სიმრავლეთა კლასი, სადაც L არის ლებეგის აზრით ზომადი სიმრავლე, M_1' და M_2' კი M_n სიმრავლის თვლადი კონფიგურაციები. ვთქვათ აგრეთვე, რომ l_{M_n} არის სიმრავლის ფუნქცია, განსაზღვრული $L(M_n)$ კლასზე ფორმულით:

$$l_{M_n}(L + M_1' - M_2') = l(L).$$

ე. შვილრაინის [3] შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ კლასი $L(M_n)$ არის ამოხსნადი, I_{M_n} კი მასზე განსაზღვრული ზომა. რადგან $E_n \cdot M_n$ სიმრავლის ნებისმიერი ქვესიმრავლე ეკუთვნის $L(M_n)$ ამოხსნად კლასს, (1) შენიშვნის საფუძველზე ადვილად დავასკვნით, რომ $E_n \cdot M_n$ სიმრავლე არის (3) განსაზღვრის აზრით აბსოლუტურად ნულზომის.

ახლა დავამტკიცოთ, რომ $E_n \cdot M_n$ არ არის (1) განსაზღვრის აზრით აბსოლუტურად ნულზომის. ვთქვათ N არის $A + B$ სახის სიმრავლეთა კლასი, სადაც A არის ნებისმიერი თვლადი კონფიგურაცია CM_n სიმრავლისა, ხოლო B -კონტინუუმის სიმძლავრეზე ნაკლები სიმძლავრის მქონე ნებისმიერი სიმრავლე. თუ $N \in \mathcal{N}$, მაშინ სერპინსკის სიმრავლეთა $b)$ და $c)$ თვისებების ძალით გვექნება $\overline{N - CM_n} < \mathcal{N}$; $e)$ თვისებით კი გვექნება: $l(N) = 0$.

ვთქვათ $L^*(CM_n)$ არის $L + N_1 - N_2$ სახის სიმრავლეთა კლასი, სადაც $N_1, N_2 \in \mathcal{N}$, L კი არის ლებეგის აზრით ზომადი სიმრავლე. ვთქვათ, აგრეთვე, რომ $I_{CM_n}^*$ არის სიმრავლის ფუნქცია, განსაზღვრული $L^*(CM_n)$ -ზე შემდეგი ფორმულით:

$$I_{CM_n}^*(L + N_1 - N_2) = l(L).$$

მაშინ ე. შვილრაინის [3] შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ $L^*(CM_n)$ არის ამოხსნადი კლასი, $I_{CM_n}^*$ კი ამ კლასზე განსაზღვრული ზომა. ცხადია, რომ

$$I_{CM_n}^*(CM_n) = 0.$$

მაშასადამე,

$$I_{CM_n}^*(M_n) = \infty.$$

ახლა, რადგან

$$R^n = \sum_{a \in R^n} (E_n + a),$$

გვექნება:

$$M_n = \sum_{a \in R^n} M_n (E_n M_n + a) + \sum_{a \in R^n} M_n (E_n \cdot CM_n + a).$$

თეორემის პირობებიდან გამომდინარეობს, რომ სიმრავლე

$$\sum_{a \in R^n} M_n (E_n \cdot CM_n + a)$$

არის $E_n \cdot CM_n$ სიმრავლის თვლადი კონფიგურაცია. სერპინსკის სიმრავლეთა $c)$ და $d)$ თვისებების ძალით კი გვექნება:

$$\sum_{a \in R^n} M_n (E_n \cdot CM_n + a) < \mathcal{N}.$$

ამიტომ, რადგან

$$M_n \in L^*(CM_n) \text{ და } I_{CM_n}^*(M_n) = \infty,$$

გვექნება

$$\left\{ \sum_{a \in R^n} M_n (E_n \cdot M_n + a) \right\} \in L^*(CM_n)$$

და

$$I_{CM_n}^* \left[\sum_{a \in R^n} M_n(E_n \cdot M_n + a) \right] = I_{CM_n}^*(M_n) = \infty.$$

ამრიგად, $E_n \cdot M_n$ სიმრავლის თვლადი კონფიგურაცია

$$\sum_{a \in R^n} M_n(E_n M_n + a)$$

პირობით დადებითი ზომისაა. მაშასადამე, $M_n \cdot E_n$ სიმრავლე არ არის (1) განსაზღვრის აზრით აბსოლუტურად ნულზომის.

რადგან ამოხსნადი კლასი $L(M_n)$ შეიცავს $E_n \cdot M_n$ სიმრავლის ნებისმიერ სასრულ კონფიგურაციას, თეორემის უკანასკნელი ნაწილის დასამტკიცებლად საკმარისია ვაჩვენოთ, რომ, თუ შესრულებულია 3^o პირობაც, მაშინ E_n სიმრავლის (მით უმეტეს $E_n \cdot M_n$ სიმრავლის) სასრული კონფიგურაცია არ შეიძლება იყოს პირობით დადებითი ზომის.

დავუშვათ წინააღმდეგი. ვთქვათ, რომ E'_n არის E_n სიმრავლის სასრული კონფიგურაცია, M -ამოხსნადი კლასი, μ მასზე განსაზღვრული ზომა, $E'_n \in M$ და $\mu(E'_n) = a > 0$.

E'_n სიმრავლე, როგორც E_n სიმრავლის სასრული კონფიგურაცია, შესაძლებელია წარმოდგენილი იქნეს სახით:

$$E'_n = \sum_{i=1}^P E'_{n_i},$$

სადაც E'_{n_i} კონგრუენტულია E_n სიმრავლის რაღაც E_{n_i} ქვესიმრავლისა, P კი ნატურალური რიცხვია. 3^o პირობის ძალით E'_{n_i} სიმრავლე, ისევე როგორც E_{n_i} ($i = 1, 2, \dots$) სიმრავლე, გადაიკვეთება R^n ჯგუფის R^n ქვეჯგუფის მიმართ თითოეულ მოსაზღვრე კლასთან არა უმეტეს ერთ წერტილში. მაშასადამე,

$$E'_n = \sum_{i=1}^P E'_{n_i}$$

სიმრავლისა და R^n ჯგუფის R^n ქვეჯგუფის მიმართ ნებისმიერი მოსაზღვრე კლასის თანაკვეთა შედეგება არა უმეტეს P წერტილისა.

შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ E'_n სიმრავლე შემოსაზღვრულია. როგორც ზემოთ, არსებობს ისეთი დადებითი რიცხვი r და წერტილთა ისეთი მიმდევრობა a_1, a_2, \dots , რომ

$$E'_n + a_i \subset S(0, r), \quad a_i \in R^n, \quad \rho(a_i; 0) > \rho(a_{i+1}; 0) \rightarrow 0,$$

როცა $i \rightarrow \infty$ და

$$E'_n + a_i \simeq E'_{n_i} \quad (i = 1, 2, \dots).$$

წინასწარ დავამტკიცოთ, რომ, თუ B_k არის μ -ზომადი სიმრავლე, $B_k \subset S(0; r)$ და R^n ჯგუფის R^n ქვეჯგუფის მიმართ თითოეულ მოსაზღვრე კლასს კვეთს არა უმეტეს P_k წერტილისა (სადაც P_k ნატურალური რიცხვია), მაშინ არსებობს ისეთი μ -ზომადი სიმრავლე B_{k+1} , რომ

$$B_k \subset B_{k+1} \subset S(0; r), \quad \mu(B_{k+1}) > \mu(B_k) + \frac{a}{2}.$$

და R^n ჯგუფის R^n ქვეჯგუფის მიმართ თითოეულ მოსახლვრე კლასთან B_{k+1} იკვეთება არა უმეტეს $P_{k+1} = P_k + P$ წერტილისა.

ამისათვის თავდაპირველად დავამტკიცოთ, რომ

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \mu [B_k(E'_n + a_i)] = 0.$$

დავუშვათ წინააღმდეგი. მაშინ შეიძლება ვიგულისხმოთ, რომ

$$\mu [B_k(E'_n + a_i)] > \varepsilon \quad (i = 1, 2, \dots), \quad (1)$$

სადაც ε არის ფიქსირებული დადებითი რიცხვი.

შეენიშნოთ, რომ R^n სივრცის ნებისმიერი b წერტილისათვის i ინდექსის მნიშვნელობათა რიცხვი, რომელთათვისაც $b \in E'_n + a_i$, არ აღემატება P -ს.

მართლაც, თუ $b \in E'_n + a_i$, მაშინ, რადგან $\varphi(a) = a + a$ გარდაქმნით მოსახლვრე კლასი $R^n + b$ თავის თავში გარდაიქმნება, თანაკვეთა $(R^n + b) E'_n$ არაა ცარიელი. ვთქვათ

$$(R^n + b) E'_n = \{a'_1, a'_2, \dots, a'_l\}.$$

ცხადია, $l \leq P$. აქედან გამომდინარეობს, რომ a_i აკმაყოფილებს ერთ-ერთს შემდეგი განტოლებებიდან:

$$a'_j + x = b \quad (j = 1, 2, \dots, l).$$

ახლა, რადგან, a_1, a_2, \dots მიმდევრობის წერტილები წყვილ-წყვილად განსხვავებულნი არიან და $c+x=d$ სახის განტოლებას აქვს ერთადერთი ამოხსნა, ამიტომ რიცხვი i -ს ისეთი მნიშვნელობებისა, რომელთათვისაც $b \in E'_n + a_i$ არ აღემატება l -ს.

აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$\sum_{i=1}^{\infty} C_{B_k}(E'_n + a_i) \equiv P.$$

ამიტომ

$$(M) \int \sum_{i=1}^{\infty} C_{B_k}(E'_n + a_i) d\mu < \infty \quad (\text{იხ. [4], თავი I}).$$

მეორე მხრივ, (1)-დან

$$(M) \int \sum_{i=1}^{\infty} C_{B_k}(E'_n + a_i) d\mu = \sum_{i=1}^{\infty} (M) \int C_{B_k}(E'_n + a_i) d\mu \equiv \varepsilon + \varepsilon + \dots = \infty.$$

მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს ტოლობას:

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \mu [B_k(E'_n + a_i)] = 0.$$

შევარჩიოთ i_0 ისე, რომ

$$\mu [B_k(E'_n + a_{i_0})] < \frac{a}{2}.$$

მაშინ

$$\mu [CB_k(E'_n + a_{i_0})] = \mu(E'_n + a_{i_0}) - \mu[B_k(E'_n + a_{i_0})] > a - \frac{a}{2} = \frac{a}{2}.$$



მაშასადამე,

$$\mu[B_k + CB_k(E'_n + a_i)] > a + \frac{a}{2}$$

ცხადია,

$$B_{k+1} = B_k + CB_k(E'_n + a_i)$$

სიმრავლეს აქვს ყველა მოთხოვნილი თვისება.

ახლა, თუ დავუშვებთ, რომ $B_1 = E'_n$ და $P_1 = P$, ადვილად ავაგებთ სიმრავლეთა მიმდევრობას $B_1 \subset B_2 \subset \dots$, რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

$$B_k \subset B_{k+1} \subset S(0; r), \quad \mu(B_{k+1}) > \mu(B_k) + \frac{a}{2} \quad (k = 1, 2, \dots).$$

აქედან გამომდინარეობს, ერთი მხრივ, რომ

$$\mu(\lim_{k \rightarrow \infty} B_k) = \lim_{k \rightarrow \infty} \mu(B_k) = \infty,$$

შეორე მხრივ კი

$$\lim_{k \rightarrow \infty} B_k \subset S(0; r)$$

და, მაშასადამე, რომ

$$\mu(\lim_{k \rightarrow \infty} B_k) < \infty.$$

მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს თეორემას.

თუ ახლა, ჯგუფურ ოპერაციად მივიღებთ ჩვეულებრივ ვექტორულ შეკრებას, ე. ი. შეკრების ოპერაციას, განსაზღვრულს ფორმულით:

$$x(x_1, x_2, \dots, x_n) + y(y_1, y_2, \dots, y_n) = z(x_1 + y_1, x_2 + y_2, \dots, x_n + y_n),$$

R^n ქვეჯგუფად კი რაციონალურ წერტილთა სიმრავლეს, მაშინ ჩვენი თეორემის 1^o და 2^o პირობები შესრულებული იქნება, გარდა ამისა, როცა $n=1$, შესრულებული იქნება 3^o პირობაც. მართლაც R^1 -სივრცის ნებისმიერი იზომეტრული გარდაქმნა დადის გადატანებზე და კოორდინატთა სათავეს მიმართ სარკისებურ არეკვლაზე. ამასთანავე მოსაზღვრე კლასი $R+b$, სათავეს მიმართ სარკისებური არეკვლის დროს, გადადის $R+(-b)$ მოსაზღვრე კლასში, a მანძილზე გადატანის დროს კი $-R + (b+a)$ მოსაზღვრე კლასში. ამიტომ, რადგან სერპინსკის სიმრავლის დამატება არის სერპინსკის სიმრავლე, დამტკიცებული თეორემიდან გამომდინარეობს შემდეგი

შედეგი. R^1 სივრცეში არსებობენ (2) განსაზღვრის აზრით (მაშასადამე, (3) და (4) განსაზღვრის აზრითაც) აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეები A_1 და B_1 , რომლებიც არ არიან აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეები (1) განსაზღვრის აზრით. ამასთანავე $A_1 + B_1$ არის აბსოლუტურად არაზომადი.

შენიშნოთ, რომ ყველგან ჩვენს მსჯელობებში სერპინსკის სიმრავლე M_n შესაძლებელია შეცვლილ იქნეს R^n სივრცის K_n სიმრავლით ($n=1, 2, \dots$), რომელსაც აქვს შემდეგი თვისებები:

1° თუ E სიმრავლე კონგრუენტულია K_n -ის, მაშინ

$$\overline{K_n \Delta E} < \aleph$$

2° თუ $\overline{B} < \aleph$, სადაც B R^n სივრცის ნებისმიერი სიმრავლეა, მაშინ $l(K_n - B) > 0$ და $l(CK_n - B) > 0$. შეიძლება დამტკიცდეს, რომ ასეთი სიმრავლეები არსებობენ R^n სივრცეში ნებისმიერი n -თვის. აღნიშნულის შესაბამისად გვექნება დამტკიცებული თეორემის ანალოგი, რომლიდანაც გამომდინარეობს შემდეგი შედეგი:

ნებისმიერ n -განზომილებიან ევკლიდეს სივრცეში არსებობენ (3) განსაზღვრის აზრით (მაშასადამე, (4) განსაზღვრის აზრითაც) აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეები A_n და B_n , რომლებიც არ არიან აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეები (1) განსაზღვრის აზრით. ამასთანავე $A_n + B_n$ არის აბსოლუტურად არაზომადი.

ამ შედეგებიდან ჩანს, რომ (2), (3) და (4) განსაზღვრების აზრით აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეები არ აკმაყოფილებენ შემდეგ ბუნებრივ მოთხოვნას: „ჯამი სასრული რიცხვი აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლეთა არის აბსოლუტურად ნულზომის“. ამ აზრით აბსოლუტურად ნულზომის სიმრავლის ცნების (1) განსაზღვრაში მოთხოვნილი პირობები არიან აუცილებელი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 1.4.1954)

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. Ш. С. Пхакაძე. Об абсолютно нульмерных множествах. Сообщения АН Грузинской ССР, т. XV, № 4, 1954.
2. W. Sierpinski. Remarque sur les translations d'ensembles. Fund. Math. t. 26, 1936.
3. E. Szpilrajn. Sur l'extension de la mesure lebesgueienne. Fund. Math. t. 25, 1935.
4. С. Сакс. Теория интеграла. М., 1949.

ფიზიკა

ბ. მუსხელიშვილი

კოსმოსური ბამოსხივიების ელექტრონული კომპონენტის
 წარმოშობის შესახებ ზღვის დონიდან 3250 მ სიმაღლეზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 4.1.1954)

დღესთვის დამტკიცებულად ითვლება, რომ კოსმოსური გამოსხივების რბილი კომპონენტი წარმოიქმნება ბირთვულ პროცესებში, რომლებიც ვითარდება მაღალი ენერგიის მქონე ნუკლონების ნივთიერებასთან ურთიერთქმედების დროს.

რბილი კომპონენტის წარმოქმნის ორი მექანიზმია შესაძლებელი: მაღალი ენერგიის γ -კვანტების წარმოქმნა პირველად აქტში და ნეიტრონული π^0 -მეზონების სპონტანური დაშლა ორ კვანტად, რომელთაც საკმარისი ენერგია გააჩნია ღვარების დასაწყებად.

კოსმოსური გამოსხივების რბილ და ბირთვულ-აქტიურ კომპონენტებს შორის გენეტიკური კავშირის გამორკვევისათვის მეტად საინტერესოა ელექტრონების სპექტრის შედარება მაღალი ენერგიის ნუკლონების მიერ წარმოქმნილი π^0 -მეზონების სპექტრთან.

ის მცირერიცხოვანი შრომები [1, 2, 3, 4], რომლებიც მიძღვნილია კოსმოსური გამოსხივების ელექტრონების სპექტრის შესწავლისადმი, ვერ ჩაითვლება დამაკმაყოფილებლად, ვინაიდან ყველა ამ შრომაში პირველადი ელექტრონების ენერგიის განსაზღვრა ხდებოდა არაპირდაპირი მეთოდებით, რომლებიც ემყარება ღვარშემქმნილი ნაწილაკების ენერგიის გამოთვლას შექმნილი ნაწილაკების რაოდენობის მიხედვით.

იმის გამო, რომ ღვარების წარმოქმნა ხდებოდა მცირე სისქის ნივთიერებაში, ფლუქტუაციებს შესამჩნევი ცთომილება შეჰქონდათ პირველადი ელექტრონების ენერგიის შემოაღნიშნული ხერხით გამოანგარიშებაში [5].

ზღვის დონიდან 3250 მეტრის სიმაღლეზე ავტორის მიერ [6] ჩატარდა კოსმოსური გამოსხივების ელექტრონთა ენერგეტული სპექტრის გაზომვები მაგნიტური ანალოზის მეთოდით, რომელიც, ღვარული თეორიის გამოყენებლად, ელექტრონების იმპულსებისა და ენერგიების უშუალო გაზომვის შესაძლებლობას იძლევა. ამ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი აღმოჩნდა ელექტრონების დეტალური ენერგეტული სპექტრის აგება $2.10^6 \text{eV} - 10^8 \text{eV}$ ენერგიათა ინტერვალში.

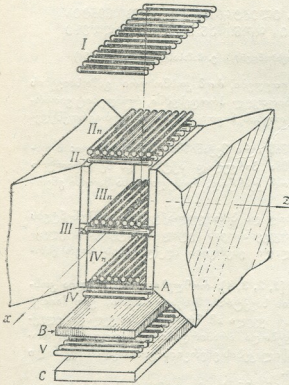
ჩვენ მიერ გამოყენებულ ხელსაწყოს არ გააჩნდა საკმარისი მგრძობიანობა $E > 10^8 \text{eV}$ ენერგიების არეში ელექტრონული კომპონენტის ანალიზისათვის.



6642



გაზომვები მიმდინარეობდა ალაგიოზის კოსმოსური სადგურის დიდ მას-სპექტრომეტრზე. ვინაიდან ამ ხელსაწყოს აღწერილობა არაერთხელ იყო გამო-ქვეყნებული [7, 8, 9], ჩვენ მოკლედ შევჩერდებით მის მხოლოდ იმ ნაწილზე, რომელიც ჩვენ მიერ გამოყენებულ იქნა ელექტრონების შესწავლისთვის. სქემატურად ეს დანადგარი გამოხატულია 1 სურათზე.



სურ. 1

ელექტრონების იმპულსების გაზომვა ხდებოდა ჰოდოსკოპური სისტემის საშუალებით, რომელიც შეიცავდა I, II და III მთვლელების რიგებს. II_n, III_n და IV_n რიგის მთვლელები ემსახურებოდა ტრაექტორიის კონტროლს ყოველ სიბრტყეში. ეს სისტემა საშუალებას გვაძლევდა გაგვეზომა დანადგარში გამავალი ნაწილაკის იმპულსი ორი გზით:

1) მაგნიტურ ველში ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორიის სიმრუდის რადიუსითა და

2) მაგნიტურ ველში ნაწილაკის მოძრაობის საწყისი მიმართულებიდან გადახრით.

ჩვენ ძირითადად მეორე ხერხით ვსარგებლობდით რიგი მიზეზების გამო.

ელექტრონების გამომქლავებისათვის გამოყენებული იყო მათი თვისება ნივთიერებაში ღვარების შექმნისა.

მაგნიტური ველის გავლის შემდეგ ელექტრონი ეცემოდა ერთი

სანტიმეტრის სისქის მქონე ტყვიის ფირფიტას (რაც შეადგენს 2t-ერთეულს), რომელშიაც იწყებდა „გამრავლებას“. ღვარების რეგისტრაცია ხდებოდა შესაფერისი ჰოდოსკოპური სისტემით (1 სურათზე ფირფიტა A და მთვლელების რიგი IV). ელექტრონების რეგისტრაციის ეფექტურობის გასადიდებლად გამოყენებული იყო ტყვიის კიდევ ერთი ფირფიტა (B ფირფიტა) და მთვლელების რიგი (1 სურათზე რიგი V).

ამრიგად, ელექტრონები გადიოდნენ ნივთიერების 4t-ერთეულს, რაც სრულიად საკმარისია (ჩვენ ვიხილავთ მაღალი ენერგიის მქონე ელექტრონებს: $E \cong 2.10^8 eV$) ღვარის წარმოშობისათვის. გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ ელექტრონების რეგისტრაციის ეფექტურობა უმნიშვნელოდაა დამოკიდებული მათ ენერგიაზე ჩვენ მიერ განხილულ ენერგიების მთელ შუალედში.

ვინაიდან არსებობს ელექტრონების „გაუმრავლებლობის“ ალბათობა და გარდა ამისა ჰოდოსკოპს არ შეეძლო ტყვიის ფირფიტებში წარმოქმნილი ყველა ღვარის რეგისტრაცია, რეგისტრაციის ეფექტურობა 100%-ზე ნაკლები აღმოჩნდა. როგორც გამოთვლებმა გვიჩვენა [6], ეს ეფექტურობა დაახლოებით 85%-ის ტოლია.

ამჟამად, რომ ყველა ის ნაწილაკი, რომელიც ანალიზატორის ტყვიის ფირფიტებში ღვარებს ან „გარსკვლავებს“ იძლევა, ჩვენ მიერ აღრიცხული იქნება, როგორც ელექტრონი.

ამ ეფექტით გამოწვეული ცთომილების გასათვალისწინებლად, საჭიროა განვიხილოთ შემდეგი შემთხვევები:

- ა) μ -მეზონებისა და პროტონების რადიაციული დანაქარგები;
- ბ) მაღალი ენერგიების π -ელექტრონების წარმოშობა μ -მეზონებისა და პროტონებისაგან;
- გ) მცირე ენერგიის იმ π -ელექტრონების წარმოშობა, რომელთაც შეუძლია ღვარების აღმრიცხველი ჰოდოსკოპური სისტემის რამდენიმე მთვლელში გავლა;

დ) ელექტრონების წარმოშობა ანალიზატორის ტყვიის ფირფიტებში გაჩერებული μ -მეზონების დაშლისას;

ე) შემთხვევითი და კორელირებული ნაწილაკებით გამოწვეული თანხვედნები;

ვ) ჩქარი ნაწილაკების ღვარების წარმოშობა პროტონების ნივთიერებასთან არაელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების დროს;

ზ) π -მეზონების არაელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება.

როგორც ამ პროცესების დაწვრილებითი ანალიზი გვიჩვენებს [6], გაზომვებში შესამჩნევი ცთომილება შეაქვს მხოლოდ კორელირებული ნაწილაკებით გამოწვეულ თანხვედნებსა და π -მეზონების არაელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებით გამოწვეულ ღვარებს.

პირველი ამ ცთომილებათაგანი, როგორც ეს ჩვენი გაზომვებიდან გამოდინარეობს, ტოლია 3,5%-ისა, ხოლო მეორე არ აღემატება 4,5%-ს.

მეთოდის ყველაზე საგრძნობ შეცდომებს წარმოადგენენ იმპულსის განსაზღვრის არასიზუსტით გამოწვეული შეცდომები.

გამოთვლები გვიჩვენებს [6], რომ ფარდობითი ცთომილება იმპულსის განსაზღვრაში საკმაო სიზუსტით შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$\frac{\Delta p}{p} \sim \frac{p}{28}$$

სადაც p იმპულსია, გაზომილი $10^6 eV$ -ში.

დაკვირვებებმა, რომლებიც ტარდებოდა 210 საათის განმავლობაში, გვიჩვენა, რომ ელექტრონების დიფერენციალური სპექტრი ზღვის დონიდან 3250 მეტრის სიმაღლეზე კარგი სიზუსტით შეიძლება შემდგენიარად იქნეს წარმოდგენილი:

$$\frac{dE}{Er^{+1}},$$

სადაც E ელექტრონის ენერგიაა და $\gamma = 0,47 \pm 0,06$.

ეს განაწილება კარგად ემთხვევა ექსპერიმენტულ მონაცემებს ენერგიების $2.10^8 - 1,5.10^9 \text{ eV}$ ინტერვალში.

მაგრამ იმის გამო, რომ იმპულსები $p > 10^9 \text{ eV/c}$ იზომებოდა დიდი ცთომილებით, ჩვენ ვკმაყოფილდებოდით მაქსიმალური ენერგიით 10^9 eV .

გადავიდეთ π^0 -მეზონების სპექტრის განხილვაზე.

პირველი მონაცემები ამ სპექტრის შესახებ მიღებული იყო კარლსონისა და სხვების მიერ [10] 23 კილომეტრის სიმაღლეზე ფოტოემულსიების მეთოდით. π^0 -მეზონის მასისა და სპექტრის განსაზღვრისათვის ავტორებმა ისარგებლეს მისი დაშლისას γ -კვანტების წარმოქმნის ძირითადი მახასიათებლებით. ფოტონების შესწავლა წარმოებდა ფოტოემულსიაში წარმოქმნილი ელექტრონული წყვილების საშუალებით.

ავტორების მიერ მიღებული π^0 -მეზონების დიფერენციალური სპექტრი ემთხვევა კამერინისა და სხვების [11] მიერ გაზომილ დამუხტულ π -მეზონების სპექტრს და შეიძლება ჩაიწეროს $dE/E^{1.5}$ ფუნქციის სახით ენერგიებისათვის $E = 100 \text{ MeV}$ -დან 1 BeV -მდე. ექსპერიმენტული მეთოდიკა არ იძლეოდა საშუალებას ამ პროცესების შესწავლისას 1 BeV -ზე მაღალი ენერგიებისათვის.

დამუხტული და ნეიტრალური π -მეზონების ენერგეტული სპექტრი ($3.10^8 - 1,5.10^9 \text{ eV}$ -ის ენერგიების ინტერვალში) ზღვის დონიდან 3500 მეტრის სიმაღლეზე მიღებული იყო საღვინისა და კიმის [12] მიერ ვილსონის კამერის საშუალებით. კამერის მართვა წარმოებდა ბირთვული ურთიერთქმედებისას წარმოშობილი ნაწილაკების საშუალებით. ამ ავტორების მიერ მიღებული π^0 -მეზონების სპექტრი კარგად ემთხვევა მაღალ სიმაღლეებზე გაზომილ სპექტრს.

თანაფარდობიდან, რომელიც აკავშირებს π^0 -მეზონების განაწილების ფუნქციას მათ მიერ წარმოშობილ γ -კვანტების განაწილებასთან [10] გამომდინარეობს, რომ γ -კვანტების სპექტრი მთლიანად უნდა ემთხვეოდეს π^0 -მეზონების სპექტრს იმ შემთხვევაში, როდესაც γ -კვანტების ენერგია $E \gg \epsilon_0$ სადაც ϵ_0 π^0 -მეზონის უძრაობის მასაა.

მართლაც γ -კვანტების სპექტრი

$$N(E) = \int_E^{\infty} \frac{F(\epsilon) d\epsilon}{V\epsilon^2 - \epsilon_0^2},$$

სადაც

$$\epsilon = E + \frac{\epsilon_0^2}{4E},$$



$\Phi(\epsilon) d\epsilon$ იმ π^0 -მეზონების რიცხვია, რომელთა ენერგია იცვლება ϵ -დან $\epsilon + d\epsilon$ -მდე. აქედან უშუალოდ გამომდინარეობს სპექტრების დამთხვევის პირობა (ვეტორების განსაზღვრით ნეიტრალური π^0 -მეზონის მასა $m_{\pi^0} = 295 \pm 20 m_e$).

ღვარული თეორიიდან გამომდინარეობს [13], რომ, თუ პირველადი ნაწილაკების სპექტრს ხარისხოვანი სახე აქვს, იგი ხარისხოვანი რჩება ნებისმიერ სიღრმეზე ხარისხის იმავე მაჩვენებლით. ეს სამართლიანია იმ შემთხვევაში, თუ უკულებელგაყოფთ იონიზაციაზე დანაკარგებს, რაც საესებით დასაშვებია ჩვენ მიერ განხილული ყველა ენერგიისათვის.

მაშასადამე, $E \gg 150 \text{ MeV}$ ენერგიის მქონე π^0 -მეზონების დაშლის შედეგად წარმოქმნილ ელექტრონების სპექტრს უნდა ჰქონდეს ხარისხოვანი სახე, ხარისხის მაჩვენებლით $\approx 1,5$.

თითოეული π^0 -მეზონი პირველად აქტში წარმოშობს ოთხ ელექტრონს. ვინაიდან ჩვენ ვიხილავთ ელექტრონებს, რომელთა ენერგია $E \approx 2 \cdot 10^8 \text{ eV}$ -ზე, π^0 -მეზონების სპექტრის ელექტრონების სპექტრთან დამთხვევის პირობა სრულდება ავტომატურად.

გადავიდეთ μ -მეზონებით წარმოქმნილი ელექტრონების განხილვაზე.

შეიძლება ნაჩვენები იქნეს, რომ μ -მეზონებისაგან წარმოშობილი (μ -მეზონების დაშლა, β -ელექტრონების წარმოქმნა) ელექტრონების სპექტრი უნდა იყოს ხარისხოვანი, თუ კი თვით μ -მეზონების სპექტრი ხარისხოვანია, ერთით მეტი ხარისხის მაჩვენებლით.

მართლაც, თუ μ -მეზონების დიფერენციალურ სპექტრს შემდეგი სახე აქვს

$$\frac{dW_\mu}{W_\mu^a},$$

სადაც W_μ μ -მეზონების ენერგიაა, და, თუ მივიღებთ, რომ μ -მეზონი ორ ნაწილაკად იშლება, ელექტრონების დიფერენციალური სპექტრისათვის ჯვექნება [13]:

$$\frac{dW_e}{W_e^{a+1}},$$

სადაც W_e -დაშლის ელექტრონების ენერგიაა.

μ -მეზონების სამ ნაწილაკად დაშლის დროს დაშლის მექანიზმი შეიძლება უკულებელგაყოფთ $E \gg 40 \text{ MeV}$ ენერგიის მქონე ელექტრონებისათვის. (40 MeV გაჩერებული μ -მეზონების დაშლისას წარმოშობილი ელექტრონების უაღმათესი ენერგიაა [14, 15]).

ვინაიდან ჩვენ ვიხილავთ იმ ელექტრონებს, რომელთა ენერგია $E \approx 2 \cdot 10^8 \text{ eV}$ -ზე, დასახელებული პირობა სრულდება ჩვენ ჰაერ ყველა რეგისტრირებული ელექტრონისათვის.

დიდი ენერგიის მქონე μ -მეზონებისაგან წარმოქმნილ β -ელექტრონების სპექტრს ანალოგიური ფორმა ექნება [13].

μ მეზონების სპექტრის ხარისხის მაჩვენებლისათვის შეიძლება ავიღოთ სანდისის მიერ [16] მოცემული მნიშვნელობა 2,5.

ზემონათქვაამიდან ჩანს, რომ μ მეზონებისაგან წარმოქმნილ ელექტრონების სპექტრს უნდა ჰქონდეს შემდეგი სახე:

$$\frac{dW_e}{W_e^2}$$

სადაც

$$\gamma \approx 3,5$$

ამასთან, როგორც უკვე აღნიშნული იყო, ჩვენ მიერ განხილული ენერგიებისათვის ხარისხის მაჩვენებელი უცვლელი უნდა რჩებოდეს ნებისმიერ სიღრმეებისათვის.

ჩვენ მიერ მიღებული ელექტრონული სპექტრის კარგი თანხვედნა π⁰-მეზონების სპექტრთან და მისი ძლიერი განსხვავება μ-მეზონებისაგან წარმოშობილი ელექტრონების მოსალოდნელი სპექტრისაგან ნებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ზღვის დონიდან 3250 მეტრის სიმაღლეზე მაღალი ენერგიის ($E \approx 2.10^6 \text{ eV}$) ელექტრონების დიდი უმრავლესობა წარმოიშვა ბირთვულ პროცესებში, ან უფრო კონკრეტულად, ბირთვულ პროცესებში წარმოშობილი π⁰-მეზონების დაშლისას.

უნდა ვივარაუდოთ, რომ μ-მეზონებისაგან წარმოშობილი ელექტრონების ძირითადი რაოდენობა ხვდება შედარებით მცირე ენერგიების (2.10^6 eV -ზე ნაკლები) ინტერვალში.

ზღვის დონეზე, სადაც π-მეზონების წილი შესამჩნევად მცირდება, ელექტრონების სპექტრს უნდა ჰქონდეს მაჩვენებელი 3,5-ის რიგისა. ამ სიმაღლეზე შესრულებული ერთადერთი ნაშრომი ეკუთვნის ჩუს [4], რომელმაც ამ სიდიდისათვის მიიღო მნიშვნელობა $2,81 \pm 0,13$. სამწუხაროდ, ამ ავტორის მიერ მიღებული შედეგები უნაკლო არაა, ვინაიდან პირველადი ნაწილაკების ენერგიის განსაზღვრა არაპირდაპირი მეთოდით წარმოებდა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ფიზიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.1.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. W. Hazen. Cascade Showers and Nuclear Disintegrations at 10000 Feet. Phys. Rev., t. 65, № 3, 1944, სტრ. 67.
2. B. Rossi. Electrons and Photons in Cosmic Rays. Rev. Mod. Phys., t. 21, № 1, 1949, სტრ. 104.
3. C. Critchfield, E. Ney and S. Oleksa, Soft Radiation at Balloon Altitudes. Phys. Rev., t. 85, № 3, 1952, სტრ. 461.
4. C. Chou. Energy Spectra of Cosmic-Ray Photons and Electrons from Plastic Scintillation Counter Measurements. Phys. Rev., t. 90, № 3, 1953, სტრ. 473.
5. B. Rossi. High-Energy Particles. New York, 1953.

6. Г. Н. Мусхелишвили. Спектр электронной компоненты космического излучения на высоте 3250 м над уровнем моря. (Диссертация). Тбилиси, 1952.
7. А. И. Алиханян, А. И. Алиханов, В. М. Морозов, Г. Н. Мусхелишвили, А. В. Хримян. Спектр масс варитронов. ЖЭТФ, т. 18, вып. 8, 1948, стр. 673.
8. А. И. Алиханян, В. М. Морозов, А. В. Хримян, Г. Н. Мусхелишвили и В. Камалин. Исследование спектра масс варитронов. ЖЭТФ, т. 19, вып. 11, 1949, стр. 1021.
9. А. И. Алиханян и А. И. Алиханов. Варитроны, ЖЭТФ, т. 21, вып. 9, 1951, стр. 1023.
10. A. Carlson, J. Hooper and D. King. Nuclear Transmutations Produced by Cosmic-Ray Particles of Great Energy. Part V. The Neutral Mesons. Phil. Mag., т. 41, № 318, 1950, стр. 701.
11. U. Camerini, P. Fowler, W. Lock and H. Muirhead. Nuclear Transmutations Produced by Cosmic-Ray Particles of Great Energy. Part IV. The Distribution in Energy and the Secondary Interactions of the Particles Emitted from Stars. Phil. Mag., т. 41, № 316, 1950, стр. 413.
12. G. Salvini and G. Kim. Production Cross Section and Energy Spectrum of the Neutral Mesons in Cosmic-Rays. Phys. Rev., т. 85, № 5, 1952, стр. 921.
13. Л. Яносси. Космические лучи. ИЛ, 1949.
14. R. Leighton, C. Anderson and A. Seriff. Energy Spectrum of the Decay Particles and the Mass and Spin of the Mesotron. Phys. Rev., т. 75, № 9, 1949, стр. 1432.
15. J. Davies, W. Lock and H. Muirhead. The Decay of μ -Mesons. Phil. Mag., т. 40, № 311, 1949, стр. 1250.
16. M. Sands. Low Energy Mesons in the Atmosphere. Phys. Rev., т. 77, № 2, 1950, стр. 180.

3. ასრიბამოვი

ნუკლონ-ანტინუკლონურ წყვილთა ანიჰილაციის თეორიისათვის

(წარმოდგენა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 9.4.1954)

დირაკის განტოლება პრინციპულად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნახევრიანი სპინის მქონე ნებისმიერი ნაწილაკის აღსაწერად. ამის საფუძველზე კანონიერად უნდა ჩაითვალოს მისი გამოყენება ნუკლონებისთვის, რომელთაც, როგორც ცნობილია, აქვთ სპინი $1/2$.

წარმოდგენა ნუკლონზე, როგორც ელემენტარულ ნაწილაკზე, რომელიც დირაკის განტოლებას ექვემდებარება, აუცილებლად შეიცავს—ანალოგიით ელექტრონ-პოზიტრონულ თეორიასთან—ანტინუკლონების არსებობის ფაქტს როგორც რეალურ, ისე ვირტუალურ მდგომარეობებში.

ანტინუკლონები ვირტუალურ მდგომარეობებში მონაწილეობენ უმაღლესი რიგის პროცესებში მეზო-ნუკლონურ ურთიერთქმედების კონსტანტის მიმართ და სწორედ ამ გზამ მოგვცა არაპირდაპირი დასაბუთება ანტინუკლონის არსებობისა: დაკვირვებამ ნეიტრალური π -მეზონის დაშლაზე ორ γ -კვანტად დადასტურა ეს [1] (უკანასკნელი პროცესი უპირატესად წარმოებს, როგორც გვიჩვენა თეორიულმა გამოთვლებმა, ვირტუალური $N-AN$ წყვილის წარმოქმნის გზით, რომელიც განიცდის ანიჰილაციას ორ γ -კვანტად).

რეალურ მდგომარეობაში ანტინუკლონები ალბათ შეიძლება წარმოიქმნეს მხოლოდ როგორც $N-AN$ წყვილთა კომპონენტი, ასე რომ ანტინუკლონებით განპირობებული ყველა ეფექტი ამ უკანასკნელთა წარმოქმნის ეფექტური კვეთის პროპორციულია.

ყველა რეაქციიდან, რომელიც იწვევს ანტინუკლონების წარმოქმნას, I ($N, N; AN, 3N$), II ($\pi, \pi; AN, N$), III ($\pi, N; AN, 2N$), IV ($\gamma, \pi; AN, N$), V ($\gamma, N; AN, 2N$), VI ($\gamma, \gamma; AN, N$) [2], დანარჩენებზე უფრო ხშირად აღვილი ექნება I ტიპის რეაქციას— $N-AN$ წყვილის წარმოქმნას ორი ნუკლონის დაჯახების შემთხვევაში. მაგრამ ამ რეაქციის მაღალი ენერგეტიული ზღურბლი, ტოლი $6 Mc^2 = 5,6 BeV$ -ისა, გვიჩვენებს, რომ ჯერჯერობით ექსპერიმენტულად შესაძლებელია რაოდენობით $N-AN$ წყვილთა წარმოქმნისათვის საკმარის ენერჯიათა მქონე ნაწილაკების ერთადერთ წყაროს კოსმოსური სხივები წარმოადგენს. მეორე მხრივ, [3]-დან გამომდინარეობს, რომ ყველაზე უხეში დაშვებების დროს $N-AN$ ანიჰილაციის მექანიზმის მიმართ პირველადი პროტონული კომპონენტით შექმნილი წყვილები ატმოსფეროს ზედა ფენებში გაქრება ანიჰილაციური ეფექტების გამო უკვე ატმოსფეროს სისქის $1/30$ -ის



გავლის შემდეგ (მეტად ალბათია, რომ მსგავსი ანიჰილაციური პროცესები $N-AN$ წყვილთა წარმოქმნის პროცესებთან ერთად წარმოადგენს პირველადი პროტონული კომპონენტის კოსმოსურ სხივებში მეზონურ კომპონენტად გარდაქმნის ერთ-ერთ ვარიანტს). ამიტომ ანტინუკლონების გამოვლინების უახლოეს ექსპერიმენტულ შესაძლებლობას გვაძლევს მძლავრი ამაჩქარებლების—ბეეტრონების—აგების პერსპექტივა (აღვნიშნით, რომ ანტინუკლონების არსებობის დადასტურებას მოგვეცემს ანიჰილაციის აქტის ცდით დადგენა, ვინაიდან ნუკლონისა და ანტინუკლონის ქცევაში დაჯახების პროცესთა მიმართ შეიძლება ველოდოდ მხოლოდ მცირე განსხვავებას).

სრულიად ბუნებრივია, რომ ანტინუკლონები რეალურ მდგომარეობაში აგრეთვე განიცდიან ანიჰილაციას. ანიჰილაციის პროდუქტებად პირველ რიგში უნდა ველოდოდ მეზონურ კომპონენტს, მეზონ-ნუკლონური ბმის შედარებით მაღალი ინტენსივობის გამო სხვა სახის ბმებთან შედარებით. ამიტომ $N-AN$ ანიჰილაციის ყველაზე მარტივ და უაღბათეს ვარიანტად იგულისხმება ანიჰილაცია ორი π -მეზონის წარმოქმნით.

$N-AN$ წყვილთა ორმეზონიანი ანიჰილაციის პროცესთა კლასს შეიძლება მიეკუთვნოს რეაქციათა შემდეგი სამი წყვილი:

- 1) $p^+ + p^- \rightarrow \pi^+ + \pi^-$; 3) $p^+ + n^{(-)} \rightarrow \pi^+ + \pi^0$; 5) $p^+ + p^- \rightarrow \pi^0 + \pi^0$
- 2) $n + n^{(-)} \rightarrow \pi^+ + \pi^-$; 4) $p^- + n \rightarrow \pi^- + \pi^0$; 6) $n + n^{(-)} \rightarrow \pi^0 + \pi^0$. (A)

ექსპერიმენტის შედეგების შესაბამისად [4] წარმოქმნილი π -მეზონები აღიწერება ფსევდოსკალარული ტალღურ ფუნქციით (მათი ნუკლონებთან კავშირის ორი ტიპით—ფსევდოსკალარულითა და ფსევდოვექტორულით).

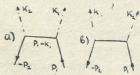
1)—6) (A) რეაქციათა ეფექტური კვეთების გამოთვლა ჩატარდება შემფოთებათა თეორიის ფორმულის

$$d\sigma = \frac{2\pi V}{v} |M|^2 dp \tag{1}$$

თანხმად, რომლის მეთოდებიც ძირითადია ე. წ. თეორიებში „სუსტი ბმებით“ (v ნაწილაკთა ფარდობითი სიჩქარეა; შემდგომ ყველგან გამოიყენება ერთეულთა სისტემა $\hbar=c=1$).

გამოთვლების ჩატარება მიზანშეწონილია გამარტივებული 4-განზომილებიანი მეთოდის მიხედვით [5], რომელიც სრულიად ანალოგიურია გამოთვლების იმ მეთოდებისა, რომელიც მხედველობაში იღებენ ნუკლონთა ფონის შევსებულობას. 4-განზომილებიანი სიმბოლიკის შემოტანა გვაძლევს ფორმულათა დიდ კომპაქტობას და საგრძნობლად აადვილებს გამოთვლებს.

ამ მეთოდის თანხმად $N-AN$ წყვილთა ორი მეზონური ანიჰილაციის პროცესი წარმოიდგინება ორი გრაფიკის საშუალებით (ნახ. 1), სადაც უწყვეტი ხაზები შეესაბამება ნუკლონთა გაერთელებას (ენერგია-იმპულსის 4-ვექ-



ნახ. 1

ტორი p_1 და $-p_2$), წყვეტილი ხაზები კი მეზონთა გავრცელებას (ენერგია-იმპულსის 4-ვექტორი k_1 და k_2). გრაფიკის ყოველ კვანძში აღდილი აქვს ენერგია-იმპულსის მუდმივობის კანონს:

$$p_1 + p_2 = k_1 + k_2 \quad (2)$$

a) და b) გრაფიკების შესაბამის მატრიცულ ელემენტებს ურთიერთქმედების ორი ტიპისათვის—ფსევდოსკალარულისა (ოპერატორი $g_{ps}\gamma_5$) და ფსევდოვექტორულისათვის (ოპერატორი $g_{pv}\gamma_5 k_1\mu^{-1}$)—შემდეგი სახე ექნება:

$$A_{ps} = g_{ps}^2 \bar{u}_2 \gamma_5 (\bar{p}_1 - \bar{k}_1 - M)^{-1} \gamma_5 u_1; \quad B_{ps} = g_{ps}^2 \bar{u}_2 \gamma_5 (\bar{p}_1 - \bar{k}_2 - M)^{-1} \gamma_5 u_1; \quad (3)$$

$$A_{pv} = g_{pv}^2 \mu^{-2} \bar{u}_2 \gamma_5 k_2 (\bar{p}_1 - \bar{k}_1 - M)^{-1} \gamma_5 k_1 u_1; \quad B_{pv} = g_{pv}^2 \mu^{-2} \bar{u}_2 \gamma_5 k_1 (\bar{p}_1 - \bar{k}_2 - M)^{-1} \gamma_5 k_2 u_1, \quad (4)$$

სადაც $(\bar{p} - \bar{k} - M)^{-1}$ დირაკის ოპერატორის შებრუნებული ოპერატორია, რომელიც აღწერს თავისუფალი ნუკლონის გავრცელებას გრაფიკის კვანძებს შორის, M და μ ნუკლონისა და მეზონის მასებია, შესაბამისად, $\bar{p} = p_1 \gamma_0$, $\bar{k} = k_1 \gamma_0$, u_1 და u_2 —ნუკლონისა და ანტინუკლონის დირაკის სპინორებია.

შუალედური იმპულსები განესაზღვროთ შემდეგნაირად:

$$p_3 = p_1 - k_1 = -p_2 + k_2; \quad p_4 = p_1 - k_2 = -p_2 + k_1 \quad (5)$$

და შემოვიტანოთ ინვარიანტული კომბინაციები, რომლებიც გამოთვლებში გვხვდება

$$M^2 \alpha = M^2 - p_3^2 = 2 p_1 \cdot k_1 - \mu^2; \quad M^2 \beta = M^2 - p_4^2 = 2 p_1 \cdot k_2 - \mu^2, \quad (6)$$

სადაც არ არის მიღებული მხედველობაში მცირე განსხვავება დამუხტული და ნეიტრალური მეზონების მასებში $\mu_+ - \mu_0 \cong 11 m_e$ [6].

მაშინ, (5) და (6) განსაზღვრათა და γ_5 მატრიცის თვისებათა შემწეობით, (3) და (4) მატრიცული ელემენტები შეიძლება დაყვანილ იქნეს ჩაწერის უფრო მოსახერხებელ სახემდე:

$$A_{ps} = \frac{g_{ps}^2}{M^2 \alpha} \bar{u}_2 (\bar{p}_3 - M) u_1; \quad B_{ps} = \frac{g_{ps}^2}{M^2 \beta} \bar{u}_2 (\bar{p}_4 - M) u_1; \quad (7)$$

$$A_{pv} = - \frac{g_{pv}^2}{\mu^2 M^2 \alpha} \bar{u}_2 k_2 (\bar{p}_3 - M) k_1 u_1; \quad B_{pv} = - \frac{g_{pv}^2}{\mu^2 M^2 \beta} \bar{u}_2 k_1 (\bar{p}_4 - M) k_2 u_1. \quad (8)$$

სრული მატრიცული ელემენტის $w = \bar{u}_2 w' u_1 = A + B$ მოდულის კვადრატის გასაშუალება ნუკლონთა სპინების მიმართ წარმოებს იმ პროცედურის თანახმად, რომელსაც მიყვავართ დამახასიათებელი შპურის გამოთვლამდე:

$$\begin{aligned}
 |\overline{w}|^2 &= \frac{1}{2} \sum_{S_1 S_2} |w|^2 = \frac{1}{2} \sum_{S_1 S_2} (\bar{u}_2 w^{\circ} u_1) (\bar{u}_1 \bar{w}^{\circ} u_2) \\
 &= \frac{c}{2(2M)^2} \text{Sp} [(\bar{p}_2 + M) w^{\circ} (\bar{p}_1 + M) \bar{w}^{\circ}]. \quad (9)
 \end{aligned}$$

შეენიშნოთ, რომ აქ გამოიყენება სპინორის ახალი ნორმირება

$$\bar{u}u = 1 \quad (\bar{u} = u^* \beta)$$

ნაცვლად ჩვეულებრივისა

$$u^* u = 1 \quad \left(\bar{u}_1 u_1 = \frac{E_1}{M} u_1^* u_1; \quad \bar{u}_2 u_2 = -\frac{E_2}{M} u_2^* u_2; \quad c = -\frac{M^2}{E_1 E_2} \right).$$

შპურის გამოთვლა გვაძლევს შემდეგ მოკლე სიმეტრიულ ფორმას (თუ

შავლებელვყოფთ წივრებს $\left(\frac{\mu}{M}\right)^2$, $\left(\frac{\mu}{M}\right)^4$ რიგისას):

$$\begin{aligned}
 |\overline{w_{ps}^{(3-6)}}|^2 &= \frac{g_{ps}^*}{2 E_1 E_2} \cdot \frac{(\alpha - \beta)^2}{2 \alpha \beta}; \\
 |\overline{w_{ps}^{(3-6)}}|^2 &= \frac{g_{ps}^* \left(\frac{2M}{\mu}\right)^4}{2 E_1 E_2} \left\{ \frac{(\alpha + \beta)^2}{2 \alpha \beta} - \frac{1}{2} (\alpha + \beta) \right\} \quad (10)
 \end{aligned}$$

(10) სიმეტრიული გამოსახულებები სამართლიანია 3)–6) (A) რეაქციე-
 შისათვის და არ გამოდგება 1) და 2) (A) რეაქციეებისათვის, სადაც ელექტ-
 რული მუხტის 1) რეაქციის შემთხვევაში) ან „ატომგულური“ მუხტის—
 სხვაობა ნუკლონთა რიცხვსა და ანტინუკლონთა რიცხვს შორის — 2) რეაქ-
 ციის შემთხვევაში) —მუდმივობის გამო ერთ-ერთი გრაფიკი აკრძალულია (თუ
 არ განვიხილავთ 1) რეაქციის შემთხვევაში ბიპროტონს, როგორც პროტონის
 ერთ-ერთ შესაძლებელ მდგომარეობას). ამის გამო, 1) და 2) (A) რეაქციებო-
 შათვის (10)-ის ნაცვლად გვაქვს შემოკლებული გამოსახულებანი:

$$\begin{aligned}
 |\overline{A_{ps}^{(1)}}|^2 &= \frac{g_{ps}^*}{2 E_1 E_2} \frac{\beta}{2 \alpha}; \\
 |\overline{B_{ps}^{(2)}}|^2 &= \frac{g_{ps}^*}{2 E_1 E_2} \cdot \frac{\alpha}{2 \beta}; \\
 |\overline{A_{ps}^{(1)}}|^2 &= \frac{g_{ps}^*}{2 E_1 E_2} \left(\frac{2M}{\mu}\right)^4 \frac{\alpha \beta}{32} = |\overline{B_{ps}^{(2)}}|^2. \quad (11)
 \end{aligned}$$

ტალღურ ფუნქციითა შერჩევა რეაქციის საწყისი და საბოლოო კომ-
 პონენტებისათვის დაიყვანება შესაბამისად ნორმირებული ოთხი ბრტყელი



$$d\sigma_{ps}^{(1)} = \left(\frac{g_{ps}^2}{M}\right)^2 \cdot \frac{|\vec{k}'| M^2}{16 |\vec{p}'| E^2} \cdot \frac{2E^2 - \mu^2 + 2|\vec{p}'| |\vec{k}'| \cos \vartheta}{2E^2 - \mu^2 - 2|\vec{p}'| |\vec{k}'| \cos \vartheta} d\Omega \quad (16a)$$

$$d\sigma_{p\nu}^{(1)} = \left(\frac{g_{p\nu}^2}{M}\right)^2 \left(\frac{2M}{\mu}\right)^4 \frac{|\vec{k}'|}{256 |\vec{p}'| E^2 M^2} [(2E^2 - \mu^2)^2 - 4|\vec{p}'|^2 |\vec{k}'|^2 \cos^2 \vartheta] d\Omega \quad (16b)$$

$$d\sigma_{ps}^{(2)} = \left(\frac{g_{ps}^2}{M}\right)^2 \frac{|\vec{k}'| M^2}{16 |\vec{p}'| E^2} \cdot \frac{2E^2 - \mu^2 - 2|\vec{p}'| |\vec{k}'| \cos \vartheta}{2E^2 - \mu^2 + 2|\vec{p}'| |\vec{k}'| \cos \vartheta} d\Omega \quad (17a)$$

$$d\sigma_{p\nu}^{(2)} = d\sigma_{p\nu}^{(1)} \quad (17b)$$

$$d\sigma_{p\nu}^{(3-6)} = \left(\frac{g_{p\nu}^2}{M}\right)^2 \frac{|\vec{k}'| M^2}{|\vec{p}'| E^2} \cdot \frac{|\vec{p}'|^2 |\vec{k}'|^2 \cos^2 \vartheta}{(2E^2 - \mu^2)^2 - 4|\vec{p}'|^2 |\vec{k}'|^2 \cos^2 \vartheta} d\Omega \quad (18a)$$

$$d\sigma_{p\nu}^{(7-6)} = \left(\frac{g_{p\nu}^2}{M}\right)^2 \left(\frac{2M}{\mu}\right)^4 \frac{|\vec{k}'| M^2}{8 |\vec{p}'| E^2} \left[\frac{(2E^2 - \mu^2)^2}{(2E^2 - \mu^2)^2 - 4|\vec{p}'|^2 |\vec{k}'|^2 \cos^2 \vartheta} - \frac{2E^2 - \mu^2}{M^2} \right] d\Omega \quad (18b)$$

როგორც ვხედავთ, ფსევდოსკალარულ თეორიაში ყველა ენერჯისათვის დიფერენციალური კვეთი (16a) (17a) წარმოადგენს ϑ კუთხის კლებად (ზრდად) ფუნქციას $0 \equiv \vartheta \equiv \pi$ ინტერვალში; ეს მიგვითითებს იმაზე, რომ 1) (A) 2) (A) რეაქციაში დადებითი მეზონი π^+ გამოისხივება უპირატესად იმ მიმართულებით, რომლითაც პირველად მოძრაობდა პროტონი (ანტინეიტრონი) (ვიწრო კონუსში ღერძით—პროტონის (ანტინეიტრონის) იმპულსით). ამგვარადვე შეიძლება დავასკვნათ, რომ უარყოფითი მეზონი π^- გამოისხივება უპირატესად ანტიპროტონის (ნეიტრონის) მოძრაობის მიმართულებით. აღვნიშნოთ, რომ მცირე ენერჯიების დროს განაწილება კუთხეების მიხედვით იზოტროპულიაქენ მიისწრაფვის.

კავშირის ფსევდოვექტორული ვარიანტი დიფერენციალურ განიკვეთებს 1) (A) (16b) და 2) (A) (17b) რეაქციებისათვის სიმეტრიულს ხდის პროტონისა და ანტიპროტონის მოძრაობის მიმართულებათა მიმართ მაქსიმუმების შესაბამისი $\vartheta = \frac{\pi}{2}$ მნიშვნელობიდან ორივე მხრივ კლებადობის ტენდენციით მინიმალურ მნიშვნელობებამდე $\vartheta = 0$ და $\vartheta = \pi$ -ს დროს; ფსევდოსკალარული ვარიანტის მსგავსად ძალიან მცირე ენერჯიებისათვის კვეთები თითქმის იზოტროპული ხდება.

3)–6) (A) (18a, b) რეაქციათა დიფერენციალურ განიკვეთები კავშირის ორივე ვარიანტისათვის ამჟღავნებენ სრულ სიმეტრიას ნუკლონისა და ანტინუკლონის მოძრაობის მიმართულებათა მიმართ, მაგრამ დამახასიათებელი მაქსიმუმები ისევ განასხვავებს ფსევდოსკალარულ ვარიანტებს, თუ კავშირის ფსევდოსკალარული ვარიანტის შემთხვევაში კვეთი (18a) მინიმალური აღმოჩნდება $\vartheta = \frac{\pi}{2}$ -ს დროს და მონოტონურად მატულობს $\vartheta = 0$ - და $\vartheta = \pi$ -საკენ,



ფსევდოვექტორული კავშირის შემთხვევაში მიმართულება $\varphi = \frac{\pi}{2}$ შეესაბამება (18b) განივკვეთის სწორედ მაქსიმუმს და ეს კვეთი მონოტონურად კლებულობს $\varphi=0$ და $\varphi=\pi$ კუთხეებისაკენ.

შვეთრი განსხვავება (p_s) და (p_v) კავშირის ვარიანტებს შორის 1), 2) და 3)—6) (A) რეაქციების განივკვეთთა ორივე ტიპისათვის შესაძლებლობას ვეძღვეს გამოვიყენოთ ანიჰილაციური პროცესები 1)—6) (A) კავშირის აუცილებელი ვარიანტის შერჩევის კრიტერიუმად.

(16)—(18) დიფერენციალური განივკვეთებიდან კუთხეების მიმართ ინტეგრირებით შეიძლება მიღებულ იქნეს სრული ეფექტური განივკვეთები (შენიშნოთ, რომ ორი იგივეური ნაწილაკის არსებობა 5)—6) რეაქციებში მოითხოვს განივკვეთის შეფასების დროს გაცვლა-გამოცვლის ეფექტების მხედველობაში მიღებას: ჩვენ მიერ გამოყენებული გამოთვლის მეთოდის დროს განივკვეთები გამოისახება მუდმივი მამრავლის $1/2$ სახით):

$$\sigma_{ps}^{(1)} = \sigma_{ps}^0 J_{ps}^{(1)}, \quad \sigma_{ps}^0 = \pi \left(\frac{g_{ps}^2}{M} \right)^2 \frac{|\vec{k}| M^2}{4 |\vec{p}| E^2},$$

$$J_{ps}^{(1)} = -1 + \frac{\vec{p}^2 + \vec{k}^2 + M^2}{2 |\vec{p}| |\vec{k}|} \ln \frac{M^2 + (|\vec{k}| + |\vec{p}|)^2}{M^2 + (|\vec{k}| - |\vec{p}|)^2} \quad (19)$$

$$\sigma_{p'v}^{(1)} = \sigma_{p'v}^0 J_{p'v}^{(1)}, \quad \sigma_{p'v}^0 = \pi \left(\frac{g_{p'v}^2}{M} \right)^2 \left(\frac{2M}{\mu} \right)^4 \frac{|\vec{k}| M^2}{64 |\vec{p}| E^2},$$

$$J_{p'v}^{(1)} = \frac{(\vec{p}^2 + \vec{k}^2 + M^2)^2}{M^4} - \frac{4}{3} \frac{\vec{p}^2 \vec{k}^2}{M^4}$$

$$\sigma_{ps}^{(2)} = \sigma_{ps}^{(1)}; \quad \sigma_{p'v}^{(2)} = \sigma_{p'v}^{(1)} \quad (20)$$

$$\sigma_{ps}^{(3-4)} = 4 \sigma_{ps}^0 J_{ps}^{(3-4)}, \quad J_{ps}^{(3-4)} = J_{ps}^{(1)} - 1; \quad \sigma_{p'v}^{(3-4)} = 16 \sigma_{p'v}^0 J_{p'v}^{(3-4)},$$

$$J_{p'v}^{(3-4)} = 2 \frac{\vec{p}^2 + \vec{k}^2 + M^2}{M^2} - J_{ps}^{(1)} - 1 \quad (21)$$

$$\sigma_{ps}^{(5-6)} = 2 \sigma_{ps}^0 J_{ps}^{(5-6)} = \frac{1}{2} \sigma_{ps}^{(3-4)};$$

$$\sigma_{p'v}^{(5-6)} = 8 \sigma_{p'v}^0 J_{p'v}^{(5-6)} = \frac{1}{2} \sigma_{p'v}^{(3-4)} \quad (22)$$

1)—6) (A) რეაქციათა განხილული განივკვეთების შედარებითი შეფასება გვიჩვენებს, რომ ყველა სრული ეფექტური კვეთა კავშირის ორივე ტიპისათვის შვირე ენერჯიათა არეში იქცევა თანახმად ჩვეულებრივი ენერგეტული დამოკიდებულებისა—კანონისა $\propto \frac{1}{v}$.

სრულიად სხვა სურათს ვხედავთ მაღალ ენერჯიათა არეში: აქ (p_s) და (p_v) განივკვეთები შვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან თავისი ხასიათის მიხედვით. თუ ენერჯიის ზრდასთან ერთად (p_s) განივკვეთებს დაკლების ტენ-

დენცია აქვთ სტაბილურ მნიშვნელობებამდე მაღალ ენერჯიათა არეში, ($p\nu$) განიკვეთები მაქსიმალური მნიშვნელობებიდან, საწყის ნაწილაკთა მცირე ენერჯიების დროს, ენერჯიის ზრდასთან ერთად გაივილიან მინიმუმს და ისევ იწყებენ ინტენსიურ ზრდას მაღალ ენერჯიათა არეში.

1) (A) რეაქციისთვის შედეგი (p_s) ვარიანტში მოცემულია [7] შრომაში. ჩვენი შედეგი თანხვდება აღნიშნულს მულტიპლიკაციის კოეფიციენტის $\left(\frac{1}{2}\right)$ სიზუსტით.

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 17.4.1954)

დაგომიებული ლიტერატურა

1. Bjorklund, Grandall, Moyer a. York. High energy protons from proton-nucleon collisions, Physical Review 77, 213 (1950), New York; Finkelstein, γ -instability of mesons, Ph. Rev. 72, 1947, 415.
2. Taketani a. Mashida. On the production of negative protons, Progress of the theoretical physics 6, № 4, Tokio, 1951.
3. McConnell a. Janossi. Negative protons, Nature 59, 1947, 335.
4. Steinberger, Panofsky a. Steller. Evidence for the production of neutral mesons by photons, Ph. Rev. 78, 1950, 802; Steinberger a. Bishop, Detection of artificially produced photo-mesons with counters, Ph. Rev. 78, 1950, 493, 494.
5. Feynman. Theory of positrons, Ph. Rev. 76, 1949, 749, 769.
6. Panofsky, Aamodt, Hadley a. Phillips. γ -ray spectrum resulting from capture of negative π -mesons in hydrogen, Ph. Rev. 80, 1950, 94.
7. Ashkin, Auerbach a. Marshak. Note on possible annihilation process for negative protons, Ph. Rev. 79, 1950, 266.

გეოფიზიკა

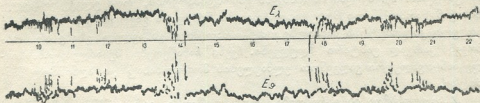
ა. ბუხნიკაშვილი, ვ. ჯიბულაძე

მოხებიტალე დენების გავლენის შესახებ მიწის რეგიონალური ელექტრული დენის ჩანაწერებზე

(წარმოდგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. ჯიბულაძემ 23.4.1954)

1950—52 წლებში ბორჯომის რაიონის სოფ. ციხისჯვარში ვაწარმოებდით ყოველდღიურ დაკვირვებებს მიწის რეგიონალურ ელექტრულ დენებზე [1]. ამ დენების დღელამურება ჩანაწერებმა დაგვანახვა, რომ განსაზღვრულ საათებში მათზე აღინიშნება განსაკუთრებული სახის იმპულსები, რომლებიც არ შეინიშნება, კერძოდ, დღეშეთში, სადაც ანალოგიური ჩაწერა წარმოებს 1947 წლიდან [1, 2].

ეს იმპულსები რეგულარულად იჩენდნენ თავს 5—6, 10—12, 13—14, 17—18, 19—21 და 23—24 საათებს შორის ადგილობრივი დროით (ნახ. 1).



ნახ. 1

ისინი აღინიშნებოდნენ როგორც E_1 განედის, ისე E_2 მერიდიანულ მდგენელთა ჩანაწერებზე, თანაც ისინი ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ იყვნენ მიმართულნი. გარდა ამისა, დღელამურ ჩანაწერებზე შეჩვენულ იქნა, რომ ამ იმპულსთა სიდიდე 5—6, 13—14, 17—18 და 23—24 საათებს შორის მეტი იყო, ვიდრე 10—12 და 19—21 საათებს შორის.

აღნიშნულ იმპულსთა წარმოქმნის მიზეზების დაწვრილებითმა შესწავლამ დაგვანახვა, რომ ისინი გამოწვეული არიან ელექტრომაგალთა მოძრაობით ხაშურ—ბორჯომის სარკინიგზო ხაზზე, რომლის უახლოესი წერტილი პირდაპირი მიმართულებით დაკვირვების პუნქტიდან 15 კილომეტრითაა დაშორებული. დადგენილ იქნა აგრეთვე, რომ უფრო ინტენსიური იმპულსები შეესაბამება თბილის—ბორჯომის მატარებლის მოძრაობას, რომელიც მძიმე შემადგენლობისაა და მეტ სიმძლავრეს ავითარებს, ხოლო ნაკლებ ინტენსიური—



სურამ—ბორჯომის მატარებლისას, რომლის მოძრაობა სიმძლავრის ნაკლებ ხარჯს მოითხოვს.

ამრიგად, შესაძლებლობა მოგვეცა შეგვესწავლა გარკვეული წყაროდან გამომდინარე მოხეტიალე დენების გავლენის ხასიათი მიწის ელექტრულ დენთა ჩანაწერებზე.

ამ იმპულსების მოქმედების ხანგრძლივობა 30-დან 40 წუთამდე მერყეობს, რაც შეესაბამება დროის იმ შუალედს, რომელიც საჭიროა ელექტრომაგლიანი შემადგენლობის მიერ ბორჯომის სადგურიდან სოფ. ტაშისკარამდე (ხიდი მდ. მტკვარზე) მანძილის გავლისათვის. ვინაიდან დაკვირვების რაიონი მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე მდებარეობს, იმპულსების შეწყვეტა მდინარის მარცხენა ნაპირზე მატარებლის გადასვლის შემდეგ ან, პირიქით, იმპულსების წარმოქმნა მდინარის მარჯვენა ნაპირზე მატარებლის გადმოსვლის მომენტიდან, იმის შესაძლებლობაზე მიუთითებს, რომ ამ იმპულსების შთანთქმა წყლის ზღუდის გავლენით არის გამოწვეული (ცვლადი ველი).

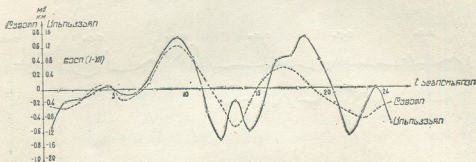
გარდა ამისა, ჩანაწერები მკაფიოდ გვიჩვენებენ იმპულსის კლებას ბორჯომიდან მატარებლის დაშორებასთან ერთად. სადგ. ბორჯომი დაკვირვების პუნქტიდან პირდაპირი მანძილით 15 კილომეტრითაა დაშორებული, მაშინ როდესაც მდ. მტკვარზე აგებული ზემოხსენებული ხიდი დაკვირვების პუნქტიდან 50 კილომეტრის მანძილზე მდებარეობს.

მატარებლის მოახლოებისას, პირიქით, შეინიშნება იმპულსების სიდიდის მატება (ნახ. 1). აქედან ის დასკვნა გამომდინარეობს, რომ ელექტრომაგლებისაგან წარმოქმნილი მოხეტიალე დენები შეიძლება გავრცელდეს რამდენიმე ათეული კილომეტრის მანძილზე, თუკი მათ მიერ გასავლელ გზაზე არ მოიპოვება კარგად გამტარი ზღუდეები. ჩვენი ჩანაწერები შესაძლებლობას იძლევიან თვალყური ვადევნოთ ელზავლების მოძრაობასაც კი აღნიშნულ მანძილზე.

საგულისხმოა ის გარემოება, რომ დღუშეთში ვერ ვამჩნევთ ამ იმპულსებს [2]. შესაძლებელია, ეს იმით აიხსნებოდეს, რომ, ერთი მხრივ, ელექტროფიცირებული გზის უახლოესი უბანი მდებარეობს მდ. მტკვრის მოპირდაპირე ნაპირზე, ხოლო, მეორე მხრივ, აქ მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს მიწის ქერქის გეოლოგიურ აგებულებას, კერძოდ, მისი ფენების ლითოლოგიურ შედგენილობას. მოხეტიალე ცვლადი დენების გზაზე დღუშეთიდან რკინიგზის ხაზამდე გვაქვს ნეოგენისა და მეოთხეული ნალექების შედარებით კარგად გამტარი კომპლექსი, ხოლო ციხისჯვარსა და ბორჯომს შორის—ანდეზიტური ბაზალტები და ფლიზი, რომლებიც უფრო მაღალი წინააღმდეგობით ხასიათდებიან.

ციხისჯვრის მიწის დენთა ჩანაწერების დამუშავება გვიჩვენებს, რომ მოხეტიალე დენების გავლენა თავს იჩენს არა მარტო უშუალოდ ჩანაწერებზე, არამედ საშუალო დღედამური სვლის მრუდზედაც, რომელიც აგებულია მთელი წლის დაკვირვებების მიხედვით. მე-2 ნახაზზე მოცემულია მიწის დენის საშუალო დღედამური სვლის მრუდი 1951 წლისათვის როგორც დღუშეთის, ისე ციხისჯვრისთვისაც. ნახაზიდან ჩანს, რომ ძირითადი მაქსიმუმი 16—18 საათებსა და ძირითადი მინიმუმები 13—14-სა და 22—24 საათებს შორის

ციხისჯვარში დამახინჯებულია (იხ. უწყვეტი მრუდი), მაშინ როდესაც დუშეთის მრუდზე ექსტრემალური მნიშვნელობანი გამოსახულია დაუმახინჯებლად (იხ. წყვეტილი მრუდი).



ნახ. 2

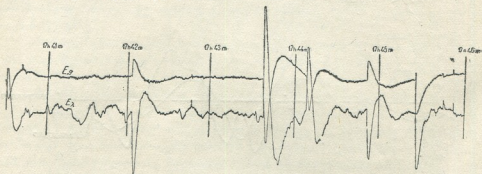
ამ მოვლენის უფრო დეტალურად შესწავლის მიზნით 1950 წლის სექტემბერში ვაწარმოვეთ მოხეტიალე დენების სასტრუქტურული ჩაწერა მიწის დენთა მოკლებერიოდინანი ვარიაციების სარეგისტრაციო დანადგარზე [3]. რამდენადაც ამ დანადგარზე ბაფთის მოძრაობის სიჩქარე და მოწყობილობის მგრძობიარობა გაცილებით უფრო დიდია, ვიდრე მიწის დენთა ხანგრძლივპერიოდინანი რხევების სარეგისტრაციო დანადგარზე, შესაძლებლობა მოგვეცა ჩავვეწერა ყოველი აღძრული იმპულსი და გავვეზომა მისი მნიშვნელობა მილივოლტებში.

იმპულსთა ამპლიტუდები, რომელთა გაზომვაც ჩვენს დანადგარზე იყო შესაძლებელი, 30—40 მვ-ს აღწევდა, მაგრამ ხშირად შეინიშნებოდა უფრო მაღალამპლიტუდებიანი იმპულსები, რომლებიც სცილდებოდნენ ბაფთის ფარგლებს. იმ პერიოდებში, როდესაც იმპულსები შეინიშნებოდა, მათი რაოდენობა წუთში 1-დან 3-მდე აღწევდა, ამასთან ყველაზე მეტი რაოდენობა, მაგ., 17—18 საათებს შორის, მოდიოდა დროის შუალედზე 17⁴² საათიდან 17⁴⁶ საათამდე, ე. ი. იმ მომენტზე, როდესაც მატარებელი დაკვირვების პუნქტიდან შედარებით ახლო მანძილზე იმყოფებოდა.

იმპულსთა სიდიდეები განედის მიმართულებით მეტია, ვიდრე მათი სიდიდეები მერიდიანული მიმართულებით, და შეფარდება $\frac{E_k}{E_\theta}$ იცვლება 1-დან 3-მდე, მიწის დენების ნორმალურ ჩანაწერთაგან განსხვავებით, რომლებისთვისაც E_k აგრეთვე აღემატება E_θ -ს, მაგრამ შეფარდება $\frac{E_k}{E_\theta}$ 2-დან 4-მდე იცვლება.

ეს იმპულსები ძალზე მკაფიოდ განირჩევა რეგიონალური ფაქტორებით გამოწვეული იმპულსებისაგან, რადგანაც მათ, ამ უქანასკნელთაგან განსხვავ-

ვებით, ახასიათებს უეცარი დასაწყისი და დიდი ამპლიტუდები (ნახ. 3), ამასთან თითოეული იმპულსის ხანგრძლივობაც უფრო დიდია; იგი მერყეობს 5—10 წამიდან 1 წუთამდე და მეტიც.



ნახ. 3

იმ მოვლენათა შესწავლას, რომლებზედაც ჩვენ ვაწარმოებდით დაკვირვებას, მნიშვნელობა აქვს არა მარტო მიწის დენებზე ხელოვნური ელექტროდანადგარების გავლენის საკითხის გამოკვლევის თვალსაზრისით, არამედ ამ გავლენის ხასიათისა და წყაროზე მისი დამოკიდებულების შესასწავლადაც. ამ საკითხს მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ელექტროდენის წყაროზე შორი მანძილიდან დაკვირვების მეთოდების შემუშავებისათვის. არ არის გამორიცხული, რომ ამ საკითხის შემდგომმა შესწავლამ გარკვეული შედეგები მოგვცეს მოხეტიალე დენების გამოსაყენებლად გეოლოგიური ძიების საქმეში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოფიზიკის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.4.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. В. Кебуладзе и А. В. Бухникашвили. К вопросу об организации наблюдений суточных и короткопериодных вариаций земных токов в Душети (Грузинская ССР). Известия АН СССР, серия географ. и геофиз., том 13, № 5, 1949.
2. В. В. Кебуладзе, А. В. Бухникашвили, А. С. Лаши. Об организации стационарных наблюдений над земными электрическими токами в Душети и Цихиджвари. Труды Института геофизики АН ГССР, том 12, 1953.
3. А. В. Бухникашвили. Опыт измерения вариаций земных токов в Баралетской котловине. Труды Ин-та геофизики АН ГССР, том 13, 1954.

მეხორკოლოგია

ბ. სულაჰველიძე

სველი თოვლის სითბოგამტარობის ზოგნიერთი საკითხის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 27.4.1954)

მყისა ფირფიტის ან მილევადი ამპლიტუდის [1, 4] მეთოდებით სველი თოვლის სითბოგამტარობის კოეფიციენტის განსაზღვრის დროს ჩვენ მიერ შემჩნეული იყო შემდეგი:

1. სველი თოვლის ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტის λ_c -ს მნიშვნელობა 2—3-ჯერ აღემატება მშრალი თოვლის ტემპერატურაგამტარობის λ_s კოეფიციენტს.

$$\lambda_s > \lambda_c$$

2. ერთისა და იმავე პირობების დროს მყისა ფირფიტის ან მილევადი ამპლიტუდის მეთოდით λ_c განსაზღვრისას მშრალი თოვლის ტემპერატურის მაქსიმალური ცვლილება 2—3-ჯერ აღემატება სველი თოვლის ტემპერატურის მაქსიმალურ ცვლილებას.

როგორც ცნობილია [1, 4], გარემოს ტემპერატურის ნამატი Δu t დროის მომენტში, როდესაც გარემოში სითბოს წყაროდან ფირფიტა x მანძილის დაშორებითაა მოთავსებული, შემდეგი ფორმულით განისაზღვრება:

$$\Delta u = \frac{q}{2\sqrt{\pi\lambda_c t}} e^{-\frac{x^2}{4\lambda_c t}} \tag{1}$$

სადაც Δu ტემპერატურის ნამატი, λ_c —ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტი, ხოლო $q = \frac{Q}{c\rho}$, სადაც Q სითბოს რაოდენობაა კალორიებში, გადაცემული ფირფიტის ერთეულ ფართზე, c და ρ —, შესაბამისად, სითბოტევადობა და გარემოს სიმკვრივეა.

დრო, რომელიც შეესაბამება სითბოს წყაროდან x მანძილით დაშორებულ მაქსიმალურ ტემპერატურულ ამპლიტუდას, ამ შემთხვევაში განისაზღვრება დამოკიდებულებით:

$$t_m = \frac{x^2}{2\lambda_c} \tag{2}$$

ტემპერატურის მაქსიმალური გადახრის სიდიდე, რომელიც მანძილის ფუნქციაა (გარდა $x=0$ მნიშვნელობისა), მიიღება განტოლებიდან:

$$\Delta u_m(x) = \frac{q}{x\sqrt{2\pi e}} \tag{3}$$

თოვლის საბურველში პერიოდული ტემპერატურული ტალღის გავრცელების შემთხვევაში ტემპერატურული ამპლიტუდა x სიღრმეზე ტოლია

$$u_x = u_0 \max e^{-\sqrt{\frac{\pi}{\lambda T}} x}, \quad (3')$$

სადაც T ტემპერატურის რხევის პერიოდია.

ამგვარად, ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტის განტოლება ან ზრდის ტემპერატურულ ცვლილებებს (ტალღის გავრცელება), ან მათ მულტიპლ ტოვებს. უკანასკნელი არ შეესაბამება ჩვენ მიერ მიღებულ შედეგებს.

სველ თოვლში სითბოგადაცემის პროცესის ასახსნელად საჭიროა განხილულ იქნეს წყლის ფაზური გადასვლა, გამოწვეული ტემპერატურული გრადიენტების არსებობით.

პროფესორ ტუშინსკის დეტალურმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ თოვლის საბურველში ტემპერატურული გრადიენტების დროს ადგილი აქვს ორთქლის მიგრაციას მეტი ტემპერატურის მქონე ფენიდან ნაკლები ტემპერატურის ფენაში [3]. თოვლის საბურველში არსებულ ორთქლზე გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ სველ თოვლში ორთქლი ყოველთვის ნაჯერ მდგომარეობაშია. სველი თოვლის ერთეულ მოცულობაში არსებული ორთქლის რაოდენობა e_1 დამოკიდებულია თოვლის ტემპერატურასა და მის სტრუქტურაზე. ეს დამოკიდებულება შეიძლება შემდეგნაირად იქნეს წარმოდგენილი:

$$e_1 = \varphi(u, \rho), \quad (4)$$

ხოლო მულტიპლი სიმკვრივის მქონე თოვლისათვის:

$$e_1 = f(u) \quad (5)$$

და პირველი მიახლოებით მივიღოთ [2]

$$e_1 = e_0 e^{\frac{R}{AR_n} \frac{u-u_0}{u_0 u}}, \quad (5')$$

სადაც R აორთქლების ფარული სითბოა, A —სითბოს მექანიკური ეკვივალენტი, $u_0 = 273$, R_n ორთქლის გაზოვანი მულტიპლია, u —გარემოს აბსოლუტური ტემპერატურა და e_0 —ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივე გ/სექ 0°C -ის დროს. რადგან მშრალი თოვლის საბურველში თოვლის კრისტალების ზედაპირიდან სუბლიმაცია შედარებით ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე აორთქლება წყლის ზედაპირიდან, (4) და (5) ტოლობები ირღვევა და, მაშასადამე, ორთქლის მიგრაციის პროცესი ნაწილობრივ მცირდება.

სველი თოვლის სითბოგამტარობის მექანიზმის ასახსნელად შეგვიძლია გამოვიყენოთ ცდებით შემოწმებული შემდეგი დაშვებანი:

ა) სველ თოვლში წყლის ორთქლი ყოველთვის ნაჯერ მდგომარეობაშია და ადგილი აქვს (4) და (5) ტოლობებს;

ბ) თოვლის საბურველში გადაცემული (ან წართმეული) სითბური ენერჯის ნაწილი იხარჯება წყლის მყარი მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობაში გადასვლაზე და აგრეთვე მის აორთქლებაზე (კონდენსაცია);

გ) წყლის ფაზური გადასვლის ადგილებში, რომლებიც გარეშე სითბური ეფექტის შედეგად წარმოიქმნება, უწყვეტადაა განაწილებული თოვლის ფენაში და შეიძლება განხილულ იქნეს გარემოში, როგორც სითბოს წყაროები, წარმოშობილი ფაზური გადასვლის დროს ფარული სითბოს გამოყოფის შედეგად;

დ) გარეგანი სითბური იმპულსი კმნის წყლის ორთქლის დრეკადობის გრადიენტს, რომელიც თავის მხრივ წარმოქმნის დიფუზიურ პროცესებს თოვლის საბურველში.

თოვლის კრისტალების ზედაპირიდან სუბლიმაციის ან აბლიმაციის დროს გამოყოფილი სითბო შეიძლება უგულვებელყოფილ იქნეს აორთქლებისა და კონდენსაციის შედეგად გამოყოფილ სითბოსთან შედარებით.

ამ დაშვებებით თოვლის საბურველის ფენაში სითბოგამტარობის განტოლება შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \lambda_e \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{R}{cp} \frac{\partial e_1}{\partial t} - \frac{L}{cp} \frac{\partial e_2}{\partial t}, \quad (6)$$

სადაც λ_e მზრალი თოვლის ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტი, R და u — შესაბამისად აორთქლებისა და დნობის ფარული სითბო, e_1 — აორთქლებული ან კონდენსირებული წყლის რაოდენობა, e_2 — ერთეულ მოცულობაში გაყინული წყლის ან გამდნარი თოვლის რაოდენობა.

ერთეულ მოცულობაში დროის ერთეულში თხევად ფაზაში წყლის სრული ცვლილება $\frac{\partial e}{\partial t}$ ტოლია

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \frac{\partial e_1}{\partial t} + \frac{\partial e_2}{\partial t};$$

თუ $\frac{\partial e_2}{\partial t}$ -ს მნიშვნელობას $\frac{\partial e}{\partial t} - \frac{\partial e_1}{\partial t}$ მე-(6)-ში შევიტანთ, მივიღებთ:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \lambda_e \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{cp} \frac{\partial e_1}{\partial t} [R - L] - \frac{L}{cp} \frac{\partial e}{\partial t} \quad (7)$$

სველი თოვლის სითბოგამტარობის განტოლებას, სადაც $\frac{\partial e}{\partial t}$ დროის ერთეულში წყლის ხვედრითი შემცველობის სრული ცვლილებაა თხევად ფაზაში.

თოვლის საბურველში შემცველი ორთქლის $\frac{\partial e_1}{\partial t}$ ცვლილების ხარჯზე წარმოიქმნება ორთქლის დიფუზია. იგი ფიკის განტოლებით გამოისახება და შინაგანი წყაროების შედეგად ლებულობს სახეს:

$$\frac{\partial e_1}{\partial t} = D \frac{\partial^2 e_1}{\partial x^2} + \frac{\partial e_1}{\partial t}, \quad (8)$$

სადაც D თოვლის ფენაში არსებული წყლის ორთქლის დიფუზიური კოეფიციენტი.

(5), (7) და (8) განტოლებათა ამოხსნით და $\frac{R-L}{cp} = \gamma$ აღნიშვნით მივიღებთ სითბოგამტარობის განტოლებას შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \left[\frac{\lambda_e + \gamma D f'(u)}{1 + \gamma f'(u)} \right] \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \gamma f''(u) \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - \frac{L}{cp} \frac{\partial e}{\partial t}; \quad (9)$$

თუ $\lambda_e \gg D$, მაშინ (9) განტოლება დაიყვანება (6) განტოლებაზე, ხოლო, თუ $D \gg \lambda_e$, მაშინ მარჯვენა ნაწილის კოეფიციენტი $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ ფ D -ს პროპორციული ხდება და (9) განტოლება იღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\gamma D f(u)}{1 + \gamma f'(u)} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \gamma f''(u) \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - \frac{L}{c\rho} \frac{\partial e}{\partial t}; \quad (10)$$

თუ (10) განტოლებაში ჩავსვამთ $f(u)$ -ს მნიშვნელობას (5') განტოლებიდან და ამ განტოლებაში შევაქვთ მუდმივების მნიშვნელობებს, მაშინ მივიღებთ:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \left[\frac{\lambda + \frac{9I}{u^2} e^{20 \frac{u-u_0}{u}} \cdot D}{1 - \frac{9I}{u^2} e^{20 \frac{u-u_0}{u}}} \right] \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{147}{u^2} \frac{e^{20 \frac{u-u_0}{u}} \cdot D}{\left(1 - \frac{9I}{u^2} e^{20 \frac{u-u_0}{u}} \right)} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - \frac{L}{c\rho} \frac{\partial e}{\partial t}. \quad (11)$$

(11) განტოლებაში კოეფიციენტების სიდიდის მიახლოებითი შეფასებებისათვის u შეგვიძლია ჩავთვალოთ 270° -ის ტოლად, რის შემდეგაც მივიღებთ:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \left[\frac{\lambda + 0.01D}{1 + 0.01} \right] \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{6.4 \cdot 10^{-5} \cdot D}{1 + 604 \cdot 10} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - \frac{R}{c\rho} \frac{\partial e}{\partial t}. \quad (11')$$

ამგვარად, თუ D ორი რიგით უფრო მეტია λ -ზე, მაშინ ნოტიო გარემოში სითბოგადაცემის გაანგარიშებისას (11') განტოლებიდან უნდა გამოვიღეთ, ვინაიდან $0.01D$ სიდიდით იმავე რიგისაა, როგორც λ .

(11) განტოლება, უკანასკნელი $\left(\frac{R}{c\rho} \frac{\partial e}{\partial t} \right)$ წევრის ჩათვლელად, შეიძლება გამოვიყენოთ ყველა ისეთი ნოტიო გარემოს სითბოგამტარობის გამოსათვლელად, რომელთაც $0.01D$ ისეთივე რიგისა აქვთ, რაც λ -ს. თუ $0.01D$ საგრძნობლად აღემატება λ -ს, მაშინ სითბოგამტარობის კოეფიციენტის მაგვირად აიღება D -ს პროპორციული სიდიდე.

სითბოგადაცემის აღწერილი პროცესი (10) განტოლებით შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს შემდეგნაირად:

დავუშვათ, რომ სველ თოვლს საწყის მომენტში აქვს u_0 ტემპერატურა და ერთეულ მოცულობაში ორთქლის რაოდენობა e_0 -ის ტოლია. თოვლის საბურველის ზედაპირის (ან მისი რაიმე უბნის) გათბობის შედეგად ხდება ზედაპირიდან წყლის აორთქლება (5) განტოლების შესაბამისად, ამიტომ იქნებოდა $\frac{\partial e_1}{\partial t}$ ორთქლის ჭარბი რაოდენობა, რომელიც დიფუზიას იწვევს.

დიფუზირებული ორთქლი თოვლის საბურველის იმ ნაწილში მოხვედრისას, რომლის ტემპერატურა ჯერ კიდევ უცვლელია (რადგან $D \gg \lambda$), კონდენსირდება, რის გამოც გამოიყოფა ფარული სითბო და საბურველი თბება. ამგვარად, ამ შემთხვევაში საბურველის ტემპერატურის შეცვლა ხდება მთელი რიგი ფაზური გადასვლების გამო და ვღებულობთ სითბოგადაცემის ფაზური



გადასვლების შედეგად. ანალოგიურ სურათს უნდა ჰქონდეს ადგილი ყველა ნოტიო ფოროვანი სხეულისათვის $D \gg \lambda_c$ პირობის დროს.

თოვლისათვის სიმკვრივით $\rho = 0.2$ გ/სმ³; $D \sim 10^{-1}$ სმ/სექ., ხოლო ჩვენი დაკვირვების თანახმად $\lambda_c \sim 10^{-3}$ სმ²/სექ, ამიტომ თოვლზე ცდების წარმოებისას არ შეიძლება არ ყოფილიყო შემჩნეული ზემოთ აღწერილი სითბოგადაცემის ფაზური მექანიზმი.

ახლა მომავალში მთავრდება ექსპერიმენტული მუშაობა, რომელიც საშუალებას იძლევა დამყარებულ იქნეს დამოკიდებულება თოვლის სინოტივის $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$ ცვლილებას, ε_0 -საწყის სინოტივს, u ტემპერატურასა და ρ სიმკვრივეს შორის.

(9) და (10) განტოლებანი გამოკვლევების შედეგად შეიძლება წარმოგვინდ იქნეს შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \left[\frac{\lambda - \frac{9I}{u^2} e^{\frac{20}{u} \frac{u-u_0}{u}} \cdot D}{1 - \frac{9I}{u^2} e^{\frac{20}{u} \frac{u-u_0}{u}}} \right] \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \psi \left(u, \frac{\partial u}{\partial t}, \rho, \varepsilon_0 \right), \quad (12)$$

სადაც

$$\psi \left(u, \frac{\partial u}{\partial t}, \rho, \varepsilon_0 \right)$$

ცნობილი ფუნქციაა.

ამგვარად, სველი თოვლის სითბური თვისებების განსაზღვრისას ჩვენ უნდა გამოვიდეთ (9), (10), (11) ან (12) განტოლებებიდან და არა განტოლებიდან

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 u}{\partial x^2},$$

როგორც ეს აქამდე ხდებოდა.

სველი თოვლის საბურვლის სითბური თვისებების შესწავლის ზემოთ მოყვანილ განტოლებათა ანალიზი საშუალებას გვაძლევს ავხსნათ ამ პარაგრაფში აღნიშნული შედეგები:

1. მაქსიმალური ტემპერატურული ამპლიტუდები თოვლის საბურვლის საზღვარზე სითბოს გადაცემის შედეგად (სხვა თანაბარ პირობებში) სველ თოვლში უფრო მცირეა, ვიდრე მშრალ თოვლში; სითბური ენერჯიის ნაწილი ფაზურ გადასვლაზე იხარჯება;

2. სველი თოვლის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი (უფრო სწორად, ცდებით მიღებული ის კოეფიციენტი, რომელიც $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ წევრთან დგას) მეტია, ვიდრე მშრალი თოვლისა, რადგან თოვლისათვის $D \gg \lambda_c$. გარდა ამისა, იმ პირობიდან, რომ თოვლის საბურველში, დაწყებული რაიმე x_0 სიღრმიდან,

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{c\rho}{u} \left\{ \left[\frac{\lambda_c + \gamma D f'(u)}{1 + \gamma f'(u)} \right] \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \gamma f''(u) \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 \right\},$$



მაშინ ამ სიღრმეზე, როგორც ეს (9) განტოლებიდან ჩანს, $\frac{du}{dt} = 0$, ე. ი. ტემპერატურა არ იცვლება და ჩვენ ვიღებთ ტემპერატურაჩამკეტ ფენას, რომელიც არაერთხელ იყო შემჩნეული.

(9), (10) და (12) განტოლებათა საფუძველზე შეიძლება განხილულ იქნეს რიგი კონკრეტული ამოცანები თოვლის საბურველის სითბოგამტარობაზე, აგრეთვე თოვლის საბურველში წყლის ორთქლის დიფუზიის შესახებ.

დასასრულ უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალი ავტორი (ზელიგმანი და სხვები), როდესაც იხილავენ საბურველის სისქეში ორთქლის მიგრაციის პროცესებს, რომლებიც ტემპერატურული გრადიენტების გამო ხდება და თოვლის ფენებში სიმკვრივეთა შეცვლას იწვევს, სრულიად არ იღებენ მხედველობაში სითბური ბალანსის საკითხს [5]. ვთქვათ, ორთქლის მიგრაცია გამოწვეულია 80° -ის ტოლი ტემპერატურული გრადიენტით, მაშინ ადიაბატური პროცესის დროს (თუ თოვლის სითბოტევადობას 0.51 კალ/გრამ გრად.-ის ტოლად მივიჩნევთ, თავდაპირველ სიმკვრივეს $0,10$ გ/სმ³-ის და თოვლის სუბლიმაციისა და აბლიმაციის ფარულ სითბოს 600 კალორიის ტოლად) საკმარისია ჰორიზონტების სიმკვრივე შეიცვალოს $0,01$ გ/სმ³-ით, რომ ფაზური გადასვლების შედეგად გამოყოფილმა სითბომ ქვედა (ჩვეულებრივად მეტად თბილი) ფენის ტემპერატურა 40° -ით დასწიოს; ზედა ფენის ტემპერატურა ამდენადვე გაიზრდება. ამგვარად მოისპობოდა ტემპერატურული გრადიენტი, რის შედეგადაც შეწყდებოდა ორთქლის მიგრაცია ჰორიზონტებს შორის და სიმკვრივეთა შეცვლას აღარ ექნებოდა ადგილი.

ასეთი სიღრმის ტემპერატურული გრადიენტები თოვლის საბურველში არ გვხვდება, თუმცა სიმკვრივის შეცვლა, ორთქლის მიგრაციით გამოწვეული, შეიძლება $0,05$ გ/სმ³-ს აღემატებოდეს $10-11$ დღელამეში. უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ შემთხვევებში საქმე გვაქვს ნიადაგიდან თოვლის ქვედა ფენებისათვის სითბოს გადაცემასთან, რამაც, თავის მხრივ, შეიძლება თოვლში ფაზური გადასვლების შედეგად თოვლის საბურველის დამყარების შემდეგ ნიადაგის გაყინვა გამოიწვიოს.

დათოვის ფენების გამყოფი ფირნის ზედაპირები, ხელს უშლიან რა წყლის ორთქლის დიფუზიას თოვლის სისქეში, ანელებენ ზემოხსენებულ პროცესს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოფიზიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.4.1954)

დამოუწმებელი ლიტერატურა

1. А. В. Лыков. Теория теплопроводности. М., 1953.
2. П. Н. Тверской. Курс метеорологии. Л., 1951.
3. Г. К. Тушинский, Е. Ф. Гуськова и др. Перекристаллизация снега и возникновение лавин. М., 1953.
4. Ф. А. Чудновский. Физика теплообмена в почве. М.-Л., 1948
5. С. Seligman. Snow structure and ski fields. London. Macmillan. 1936.

მ. ლეჟავა

მიკროელემენტების ბავლენა ჩაის ფოთლის მოსავლიანობაზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მ. საბაშვილმა 3.4.1954)

მცენარეთა კვებისა და უხვი მოსავლის მიღების საქმეში მიკროელემენტების როლისა და მნიშვნელობის შესახებ ბევრი ცნობა მოიპოვება თანამედროვე აგროქიმიასა და მცენარეთა ფიზიოლოგიაში. როგორც აკად. დ. პრიანიშნიკოვი [1] აღნიშნავს, უმოკლეს დროში საბჭოთა აგროქიმიკოსების მიერ დიდი მუშაობაა ჩატარებული მიკროელემენტების მოქმედების განმსაზღვრელ პირობათა შესასწავლად და დასადგენად.

საქართველოს პირობებში მიკროელემენტების შემცველი სასუქების ეფექტიანობის შესწავლა მით უფრო მნიშვნელოვანია, რომ, ერთი მხრივ, ჩვენი სოფლის მეურნეობა გამოირჩევა კლიმატის, ნიადაგებისა და კულტურულ მცენარეთა მრავალფეროვნებით, ხოლო, მეორე მხრივ, საქართველოს სსრ რესპუბლიკის ტერიტორიაზე მოიპოება მნიშვნელოვანი მიკროელემენტის—მანგანუმის—უდიდესი მარაგი ჭიათურის შავი ქვის წარმოების ნარჩენის სახით.

ამ შრომაში ჩვენ ვიხილავთ ბორისა და მანგანუმის შემცველი სასუქების გავლენას ჩაის ფოთლის მოსავლიანობაზე.

ბორის ეფექტიანობის განმსაზღვრელ ფაქტორთა შესასწავლად დიდი მუშაობა ჩატარა მ. კატალიმოვი [2, 3], რომელიც ასკვნის, რომ ბორის ეფექტიანობის განმსაზღვრელია აგროტექნიკური და კლიმატური პირობები, ნიადაგის ტიპი, მცენარის თავისებურება, მოსავლიანობა და სხვ.

ბორი საჭიროა უკლებლივ ყველა მცენარის განვითარებისათვის, მაგრამ ბორისადმი მათი მოთხოვნილება და, მაშასადამე, ერთისა და იმავე ნიადაგის პირობებში ცალკეულ მცენარეთა ბორზე რეაგირება სხვადასხვა იქნება.

ე. ბობკოსა და ვ. ცერლინგის [4] მიხედვით, ბორი ყველაზე მეტი რაოდენობით მოიპოვება მცენარის ყვავილში, მეტადრე მტვრიანებსა და ღინგში. ბორი ხელს უწყობს მტვრიანების ზრდას და აჩქარებს მათ განვითარებას; იგი დადებითად მოქმედებს მცენარის ფესვთა სისტემაზედაც და საბოლოოდ მოსავლის რაოდენობასა და ხარისხზე. ამას გარდა ბორი აღიდებს მცენარის გამძლეობას ზოგიერთი დაავადების მიმართ. მცენარე ბორს სხვა საკვებ ელემენტებთან ერთად იღებს ნიადაგიდან, რომელშიაც ბორის შემცველობა მცირეა.

ვ. ვერნადსკის [5] გამოკვლევებით, ბორი გავრცელებულია ნიადაგში, გრუნტის წყლებში, მდინარეებსა და ზღვებში.

ვ. ბობკოსა და მატეევას [6] განსაზღვრით, წყალხსნადი ბორის შემცველობა საბჭოთა კავშირის ძირითადი ტიპის ნიადაგებში 0,11—0,25 მგ/კვ.

ფარგლებში მერყეობს. სხვა მონაცემებით ეს რაოდენობა ბევრად უფრო მეტია და 18 მგ აღწევს 1 კგ ნიადაგზე. ბორის განსაკუთრებით მაღალი შემცველობით ხასიათდება ბიცობი და დამლაშებული ნიადაგები.

კულტურულ მცენარეთათვის მანგანუმის საჭიროება დიდი ხანია დადგენილია.

ფ. ჩირიკოვმა [7] ქვიშის კულტურებში ჩაატარა ცდები, რომლის შედეგები 1913—1914 წლებში გამოქვეყნდა. ამ ცდებით დადგენილ იქნა მანგანუმის საჭიროება მცენარის ნორმალური განვითარებისათვის.

ამჟამად უკვე დაახლოებით გარკვეულია მანგანუმის ფიზიოლოგიური როლი მცენარის ორგანიზმში. მის გარეშე დამქანგველი ფერმენტების სრული პარალიზება ხდება. ის ხელს უწყობს ფოტოსინთეზის პროცესის ნორმალურ მსვლელობას, მის გარეშე მცენარეში შაქრის რაოდენობა კლებულობს.

მცენარე მანგანუმს იღებს ნიადაგიდან, სადაც მისი შემცველობა მეტად ცვალებადია. ასე, მაგალითად, ხალიზოვის მიხედვით [8], ჩრდილოეთის ეწერ ნიადაგებში მანგანუმის შემცველობა 0,025—0,028‰ შორის მერყეობს, შავმიწებში—0,060—0,093‰-სა, რუხ მიწებში—0,041—0,061‰-მდე და წითელ მიწებში—0,102‰-მდე. განსაკუთრებით ღარიბია ამ ელემენტით ქვიშნარი და ტორფიანი ნიადაგები.

ზოგიერთი ნიადაგი ძლიერ მცირე რაოდენობით შეიცავს მცენარისათვის გამოსაყენებლად მანგანუმს და ამასთან დაკავშირებით საჭირო ხდება მანგანუმის შეტანა ნიადაგში.

პ. ვლასიუკმა [9] დაადგინა, რომ მანგანუმის მეოხებით მცენარე უფრო ეკონომიურად იყენებს აზოტს, ფოსფორსა და კალიუმს ორგანული ნივთიერების შესაქმნელად.

საქართველოში ბორისა და მანგანუმის დადებითი როლი სხვადასხვა კულტურის მოსავლიანობაზე დადგენილია რიგი სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულების მუშაობით. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიორაციის ინსტიტუტის მიერ 1946—1953 წლებში ჩატარებული ცდებიდან ნათლად ჩანს ბორისა და მანგანუმის დადებითი გავლენა შაქრის ჭარხლის, სიმინდის, ვახისა და სხვა კულტურების მოსავლიანობაზე [10, 11, 12, 13, 14].

მიკროელემენტის შემცველი სასუქების ეფექტიანობა შეისწავლებოდა აგრეთვე ჩაის კულტურაზე ქობულეთის რაიონის ოჩხამურის ჩაის საბჭოთა მეურნეობის ტერიტორიაზე, ორ ნაკვეთზე, და ზუგდიდის რაიონის ინგირის ჩაის საბჭოთა მეურნეობაში.

პირველ ცხრილში მოგვყავს საცდელი ნაკვეთების ნიადაგების დახასიათება. აღსანიშნავია ამ ნიადაგებში შთანთქმული ფუძეების მცირე შემცველობა, რაც მათი გავრცელების ზონის ნიადაგების დამახასიათებელ ნიშან-თვისებად ითვლება.

მოცემული ანალიზის მიხედვით ეს ნიადაგები მანგანუმისა და ბორის საკმაო რაოდენობას შეიცავენ.

ოჩხამურის ჩაის საბჭოთა მეურნეობაში პირველად ცდა ჩაატარეთ 1950 წელს მეორე აგრორაიონის მე-14 კონტურზე 100 კგ. მეტრის ზომის დანაყოფზე, სამი განმეორებით. ცდის ვარიანტები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 1

საცდელი საკვებების ნიადაგების აგროქიმიური დახასიათება

რაიონი	ნიადაგი	ნიმუშის აღების სიღრმე სმ	pH წყლის გამონაწყოში	საერთო ჰუმუსი %/ო	საერთო აზოტი %/ო	საერთო ფოსფორი %/ო	ხსნადი ფოსფორი მგ 100 გრ ნიადაგში	მეავიანობა შილ.—მკვ.		შთანთქმული ფუძეები მილ.—მკვ. 100 გ.		საერთო Mn მგ 100 გრ.	ხსნადი B მგ/მ
								გაცმ- ლითი	ჭიდრო- ლიზური	Ca	Mg		
ქობულეთი	წითელმიწა	0—20	4,7	5,40	0,30	0,17	18,0	6,62	21,02	2,50	0,75	132,0	0,10
	სუსტად გა- ვწრებულნი	20—40	4,3	2,53	0,16	0,05	4,5	7,18	15,61	2,50	0,90	141,0	0,10
ხუცდელი	სუსტწვე- რიანი	0—20	5,6	5,20	0,36	0,17	—	0,59	8,37	3,50	1,09	63,0	0,12
		20—40	5,7	3,11	0,18	0,08	—	1,37	7,65	2,36	0,65	69,0	0,11

ცხრილი 2

ჩაის ფოთლის მოსავალი (მე-14 კონტურზე)

ს ა ს უ ქ ე ბ ი	1950 წ. პირდაპირ- მოქმედება			1951 წ. შემდგომ- ქმედება			1952 წ. განმეორე- ბით შეტანა		
	ჩაის ფოთლის მოსავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაშატი ცვ/ჰა	ჩაის ფოთლის მოსავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაშატი ცვ/ჰა	ჩაის ფოთლის მოსავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაშატი ცვ/ჰა
	ცვ/ჰა	%		ცვ/ჰა	%		ცვ/ჰა	%	
NPK (ფონი)	585	100,0	—	6562	100,0	—	6373	100,0	—
„ +ბორი 4 ცვ/ჰა	6276	107,1	421	7191	109,5	629	7227	113,4	854
„ +ბორი 8 ცვ/ჰა	6605	112,8	750	7073	107,7	511	7061	110,7	688
„ +მანგანუმი 6 ცვ/ჰა	6072	103,7	217	6765	103,2	203	6706	105,2	333
„ +მანგანუმი 12 ცვ/ჰა	6546	111,8	691	7433	113,2	871	5577	87,5	796
„ +ბორი 4 ცვ/ჰა + +მანგანუმი 6 ცვ/ჰა	5989	102,2	434	7674	116,9	1112	6712	105,3	339

ყველა ვარიანტის აგროტექნიკური ფონი ერთნაირი იყო—ჩაის კულტურის მოქმედი აგროწესების მიხედვით. მიკროსასუქები—ბორის მთავარი (H_3BO_3) და მანგანუმი—ჰიათურის შავი ქვის შლამის სახით მოზნეულ იქნა სათანადო დანაყოფების მთელ ფართობზე ჩაის მწკრივებს შორის. ცდის შედეგები შეჯამებულია მე-2 ცხრილში.

მე-2 ცხრილიდან ჩანს, რომ მიკროელემენტები დადებით გავლენას ახდენენ ჩაის ფოთლის მოსავალზე. შეტანის წყლს თვალსაჩინო ნაშატი იძლევა ბორისა და მანგანუმის მაღალი დოზები, მეორე წელს ეფექტი კიდევ უფრო

მეტია, განსაკუთრებით ბორისა და მანგანუმის ერთად შეტანის შემთხვევაში. ნაკვეთში მიკროსასუქების განმეორებით შეტანისას, ე. ი. 1952 წ. ჩაის მოსავალზე მეტ გავლენას ახდენდა ბორიანი სასუქი. მანგანუმიანი სასუქის მცირე დოზა ერთგვარ ეფექტს იძლეოდა, მაღალი დოზა კი შემცირებას იწვევდა.

მეორე ცდა ოჩხამურის ჩაის საბჭოთა მეურნეობაში დაეყენეთ 1951 წ. მეორე აგრორაიონის 17-ე კონტურზე 100 კვ. მეტრის ზომის დანაყოფზე, სამი გარემოებით.

ამ ცდაში მიკროელემენტები გადიდებული რაოდენობით შევიტანეთ, აგროტექნიკური ფონი, სასუქების ფორმები და შეტანის წესები ისეთივე იყო, რაც პირველ ცდაში. ცდამ ასეთი შედეგები მოგვცა (იხ. ცხრ. 3):

ჩაის ფოთლის მოსავალი (მე-17 კონტურზე) ცხრილი 3

ს ა ს უ ქ ე ბ ი	1951 წ. პირდაპირ- მოქმედება			1952 წ. შემდგომ- ქმედება			1953 წ. განმეორე- ბით შეტანა		
	ჩაის ფოთლის მოსავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაბეტი კვ/ჰა	ჩაის ფოთლის მოსავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაბეტი კვ/ჰა	ჩაის ფოთლის მოსავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაბეტი კვ/ჰა
	კვ/ჰა	%		კვ/ჰა	%		კვ/ჰა	%	
NPK (ფონი)	5956	100,0	—	5726	100,0	—	5160	100,0	—
„ +ბორი 4 კვ/ჰა	6423	107,8	467	5882	102,7	136	5709	110,6	549
„ +ბორი 8 კვ/ჰა	6590	110,6	634	5803	101,3	77	5795	112,3	635
„ +ბორი 16 კვ/ჰა	6536	109,7	580	5590	97,6	-136	6147	119,1	987
„ +მანგანუმი 6 კვ/ჰა	6323	106,1	367	5838	101,9	112	5166	100,1	—
„ +მანგანუმი 12 კვ/ჰა	6563	110,1	607	6184	107,9	458	5856	113,5	696
„ +მანგანუმი 24 კვ/ჰა	6693	112,3	737	6015	105,0	289	5947	115,2	786
„ +ბორი 4 კვ/ჰა + +მანგანუმი 12 კვ/ჰა	6716	112,7	760	6112	106,7	386	5750	111,4	590

მე-3 ცხრილიდან ჩანს, რომ მიკროსასუქების შეტანის წესს ჩაის ფოთლის მოსავალი საგრძობლად მატულობს. ბორის დოზის გადიდება ჰაზე 8 კვ-დან 16 კვ-მდე, ხოლო მანგანუმისა 12 კვ-დან 24 კვ-მდე მიზანშეუწონლად უნდა ჩაითვალოს, რადგან გადიდებული დოზები მოსავლის მატებას აღარ გვაძლევს (ბორი) ან მატება უმნიშვნელოა (მანგანუმი). მეორე წესს კი ბორი შემდგომ ქმედებას აღარ გვაძლევს, მანგანუმის 12 კვ-იანი დოზა კი კვლავ განაგრძობს მოქმედებას და მოსავალს თითქმის 8 პროცენტით ზრდის. იმავე ნაკვეთში ბორისა და მანგანუმის განმეორებით შეტანა 1953 წელს ჩაის მოსავალზე კარგად მოქმედებდა, ოღონდ ამ შემთხვევაში მიკროსასუქების მაქსიმალური (გამოცდილიდან) დოზები საუკეთესო შედეგს იძლეოდა.

გამომდინარე იქიდან, რომ წითელმიწა ნიადაგზე ჩაის პლანტაციაში მიკროელემენტები კარგ ეფექტს იძლევა, განვიზრახეთ სხვა ტიპის ნიადაგზედაც შეგვესწავლა ბორისა და მანგანუმის გავლენა ჩაის მოსავალზე, რისთვისაც ინგირის ჩაის საბჭოთა მეურნეობის პირველი აგრორაიონის მე-24 კონტურზე 1951 წელს ჩავატარეთ მინდვრის ცდა 100 კვ. მეტრის ზომის დანაყოფზე, სა-
მი განვიკრებით. ცდის ვარიანტები მოყვანილია მე-4 ცხრილში. ცდებში ყვე-
ლა სახისა და ფორმის სასუქი იმავე წესითა და რაოდენობით შევიტანეთ, როგორც ზემოაღწერილ ცდებში (იხ. მე-4 ცხრილი).

ცხრილი 4

ჩაის ფოთლის მოსავალი (24-ე კონტურზე)

ს ა ს უ ქ ე ბ ი	1951 წ. პირდაპირ- მოქმედება			1952 წ. შემდგომქმედება			მოსავლის ნაშთის ჯამი 1951—52 წწ კგ/ჰა
	ჩაის ფოთლის მო- სავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაშთი კგ/ჰა	ჩაის ფოთლის მო- სავალი		ჩაის ფოთ- ლის ნაშთი კგ/ჰა	
	კგ/ჰა	%		კგ/ჰა	%		
NPK (ფონი)	7144	100,0	—	4127	100,0	—	—
„ +ბორი 4 კგ/ჰა	7478	104,7	334	4231	102,5	104	438
„ +ბორი 8 კგ/ჰა	7325	102,5	181	4180	101,2	53	234
„ +ბორი 16 კგ/ჰა	7065	99,0	—79	4196	101,6	69	—10
„ +მანგანუმი 6 კგ/ჰა	7285	102,0	141	4406	106,7	279	470
„ +მანგანუმი 12 კგ/ჰა	7052	98,7	—92	4327	104,8	200	108
„ +მანგანუმი 24 კგ/ჰა	7498	105,0	354	4289	103,9	162	516
„ +ბორი 4 კგ/ჰა + +მანგანუმი 12 კგ/ჰა	7170	100,4	26	4300	104,1	173	199

როგორც ვხედავთ, მიკროსასუქები ეწერი ტიპის ნიადაგზეც საგრძნობ-
ლად აღიძვებს ჩაის ფოთლის მოსავალს, თუმცა აქ ეფექტი შედარებით უფრო
მცირეა, ვიდრე წითელმიწაზე.

რაც შეეხება სასუქების დოზებს, ამ საკითხის გადასაწყვეტად ჯერჯე-
რობით საკმაო მასალა არა გვაქვს. განხილული ცდის პირობებში კი, როგორც
ჩანს, ბორის მცირე დოზებია საჭირო, არა უმეტეს 4 კგ-ისა, მანგანუმი კი
დადებით შედეგს გვაძლევს მხოლოდ დიდი დოზების (ჰაზე 24 კგ) გამოყენე-
ბის შემთხვევაში.

ისევე, როგორც წითელმიწა ნიადაგზე, ბორიანი სასუქი (ბორის მეტა) და-
დადებითად მოქმედებს ჩაის ფოთლის მოსავლიანობაზე მხოლოდ შეტანის
წელს, იგი შემდგომ ქმედებას აღარ გვაძლევს. მანგანუმიანი სასუქი კი (მარგა-
ნეცის შლამი) შეტანის შემდეგ მეორე წელსაც განაგრძობს მოქმედებას.

ზემოთ განხილული ცდების შედეგები გვაძლევს საშუალებას გავაკეთოთ
შემდეგი დასკვნები:



1. წითელმიწა სუსტად გაეწვრებულ ნიადაგზე (ოჩხამურო) ბორისა და მანგანუმის მოქმედება ჩაის ფოთლის მოსავალზე დადებითია. ჩაის ფოთლის მოსავლის მატება 10—12 პროცენტამდე აღწევს ჰექტარზე. უფრო ეფექტიანდობად უნდა მივიჩნიოთ ჰექტარზე 8 კგ ბორი და 12 კგ მანგანუმი;

2. სუსტეწერიან ნიადაგზე (ინგირი) ბორისა და მანგანუმის მოქმედება ჩაის ფოთლის მოსავალზე შედარებით მცირეა და მხოლოდ 4—5%-ს უდრის;

3. ბორიანი სასუქის (ბორის მკვავა) მოქმედება უმეტეს შემთხვევაში ერთი წლით განისაზღვრება, შეტანის მეორე წელს იგი მოსავლიანობაზე აღარ ახდენს გავლენას. მანგანუმიანი სასუქის (მარგანეცის შლამი) გავლენა კი უფრო ხანგრძლივია და მეორე წელსაც გრძელდება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და

მელიორაციის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 4.4.1954)

დაკრძეხული ლიტერატურა

1. Д. Н. Прянишников. Агрохимия. Москва, 1940.
2. М. В. Катайлов. Бор как удобрение. Ж-л „Минеральные удобрения и инсектофунгицы“, № 1, Изд. НИУИФ, 1935.
3. М. В. Катайлов. О факторах, определяющих эффективность борных удобрений. Сборн. Применение микроудобрений. ВАСХНИЛ, Сельхозгиз, 1941.
4. Е. В. Бобко и В. В. Церлинг. Влияние бора на продуктивное развитие растений. „Ботанический журнал СССР“, т. 23, № 1, 1938.
5. В. И. Вернадский. Биогеохимические очерки. М., 1940.
6. Е. В. Бобко и Т. Матвеева. Методика определения бора в почвах и растениях. Ж-л Прикладной химии, т. IX, вып. 3, 1936.
7. Ф. В. Чириков. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ под редакцией Д. Н. Прянишникова, т. 8, 2, 1913—1914.
8. Л. А. Хализов. Химические стимулянты. Москва, 1934.
9. П. А. Власюк. Рефераты докладов на конференции по микроэлементам. Изд. АН СССР, 1950.
10. ა. მენაღარიშვილი და ვ. ლეჟავა. მიკროელემენტების ეფექტიანობის საკითხებისათვის სხვადასხვა კულტურაზე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. IX, № 7, 1948.
11. ა. მენაღარიშვილი და ვ. ლეჟავა. მიკროსასუქების გავლენა შაქრის კარნლის, სიმინდისა და ვაზის მოსავლიანობაზე. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიორაციის ინსტიტუტის შრომები, ტ. II, 1949.
12. ა. მენაღარიშვილი და ვ. ლეჟავა. მიკროსასუქების ეფექტიანობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ საქართველოს ზოგიერთი ტიპის ნიადაგებზე. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიორაციის ინსტიტუტის შრომები, ტ. III, 1950.
13. А. Д. Менагаришвили и В. В. Лежава. Эфффективность микроэлементов в виноградниках. „Виноградарство и виноделие“, № 6, 1950.
14. ვ. ლეჟავა. მიკროსასუქების გავლენა მარცვლეული კულტურების მოსავლიანობაზე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიორაციის ინსტიტუტის შრომები, ტ. VI, 1953.



ბ. ლორთქიფანიძე

კათოდური დაცვის გათვლის საკითხისათვის

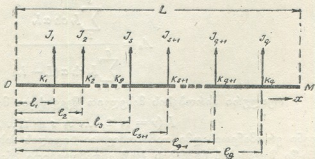
(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. გედგენიშვილმა 9.3.1954)

$K_1, K_2, \dots, K_s, K_{s+1}, \dots, K_{q-1}, K_q$ კათოდური სადგურები, რომელნიც $I_1, I_2, \dots, I_s, I_{s+1}, \dots, I_{q-1}, I_q$ დენებს იძლევიან და OM ლითონის გრძელ მიწისქვეშა ნაგებობის $l_1, l_2, \dots, l_s, l_{s+1}, \dots, l_{q-1}, l_q$ კოორდინატთან წერტილებში არიან მოთავსებული, ქმნიან v პოტენციალს და i დენს ნაგებობის x წერტილში, რომელიც მოთავსებულია K_s და K_{s+1} კათოდურ სადგურთა შორის ($l_s \equiv x \equiv l_{s+1}$) [1]:

$$v = \frac{R}{\alpha \operatorname{sh} \alpha L} \left[\operatorname{ch} \alpha(L-x) \sum_1^s I_v \operatorname{ch} \alpha l_v + \operatorname{ch} \alpha x \sum_{s+1}^q I_v \operatorname{ch} \alpha(L-l_v) \right] \quad (1)$$

$$i = -\frac{I}{R} \frac{dv}{dx} = \frac{I}{\operatorname{sh} \alpha L} \left[\operatorname{sh} \alpha(L-x) \sum_1^s I_v \operatorname{ch} \alpha l_v - \operatorname{sh} \alpha x \sum_{s+1}^q I_v \operatorname{ch} \alpha(L-l_v) \right] \quad (2)$$

აქ კოორდინატა საწყისი აღებულია ნაგებობის მარცხენა O ბოლოში; L ნაგებობის სიგრძეა; v შეჯამების ცვლადს წარმოადგენს; R ნაგებობის სიგრძის 1-ლის განგრძობი წინალობაა; α ქრომის კოეფიციენტი, რომელიც შემდეგი ტოლობიდან განისაზღვრება: $R = \alpha^2 r$, სადაც r სიგრძის 1-ლის გასწვრივ ნაგებობასა და მიწას შორის გარდაამავალ წინალობას წარმოადგენს.



ნახ. 1

(1) და (2)-დან გამომდინარეობს, რომ I_s და I_{s+1} ($s = 1, 2, \dots, q$) დატვირთვათა შორის მყოფ რომელიმე x_s წერტილებში, სადაც i დენი ნულოვან მნიშვნელობასღებულობს, v პოტენციალს აქვს E_s ექსტრემუმები.



ესე იგი, თუ (2) განტოლებას, როდესაც სიდიდეები I_1, I_2, \dots, I_q მოცემულია, ნულს გაფუტოლებით და ამოგხსნით მას x -ის მიმართ ყოველი s -თვის ($s=1, 2, \dots, q-1$), მაშინ ამ გზით მიღებული x_s ფესვები E_s ექსტრემუმა წერტილებს და i ფუნქციის ნულს წარმოადგენენ.

როგორც ცნობილია [2, 3], კათოდური დენები შემდეგ პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს:

1) ნაგებობის პოტენციალის v სიდიდე (რომელიც, როგორც ადვილად დასინახია, უარყოფითია) არსად არ უნდა აღემატებოდეს დასაცავი E პოტენციალის მნიშვნელობას (რომელიც რკინისათვის 0,3 ვოლტის ტოლია):

$$v \equiv E_s \equiv E;$$

2) ამასთანავე კათოდურ დენთა მნიშვნელობები მინიმალური უნდა იყოს. ამგვარად, ამოცანა დაიყვანება ზემოთ მოყვანილი პირობების დამაკმაყოფილებელ I_1, I_2, \dots, I_q დენთა რაც შეიძლება ზუსტ გამოძებნამდე, თუკი მოცემულია ამ დენთა l_1, l_2, \dots, l_q კოორდინატები.

ნათქვამის შესაბამისად, x_s წერტილები, (2)-ის თანახმად, უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ განტოლებებს:

$$\frac{\operatorname{sh} \alpha x_s}{\operatorname{sh} \alpha (L - x_s)} = \frac{\sum_1^s I_\nu \operatorname{ch} \alpha l_\nu}{\sum_{s+1}^q I_\nu \operatorname{ch} \alpha (L - l_\nu)}, \quad (3)$$

($s = 1, 2, \dots, q$),

აქედან

$$x_s = \frac{1}{2\alpha} [\ln (1 + A_s e^{\alpha L}) - \ln (1 + A_s e^{-\alpha L})], \quad (5)$$

სადაც

$$A_s = \frac{\sum_1^s I_\nu \operatorname{ch} \alpha l_\nu}{\sum_{s+1}^q I_\nu \operatorname{ch} \alpha (L - l_\nu)}. \quad (5)$$

რეალური პირობების მიხედვით შეგვიძლია მივიღოთ, რომ ყველა

$$I_\nu (\nu = 1, 2, \dots, s, s+1, \dots, q)$$

დენი ერთმანეთისადმი თანაზომიერია სიდიდის მიხედვით. ამის გამო (5) და (3)-ში შეჯამების ნიშნების ქვეშ გადამეტებითი მნიშვნელობა ექნება $I_s \operatorname{ch} \alpha l_s$ და $I_{s+1} \operatorname{ch} \alpha (L - l_{s+1})$ შესაკრებებს, ვინაიდან ისინი საგრძნობლად გადასცილდებიან თავისი სიდიდით ყველა დანარჩენ შესაკრებს. ამის გამო

$$A_s \cong A_{s+1} = \frac{I_s \operatorname{ch} \alpha l_s}{I_{s+1} \operatorname{ch} \alpha (L - l_{s+1})} \cong \frac{I_s}{I_{s+1}} e^{\alpha (l_s + l_{s+1} - L)}. \quad (6)$$

თუ (6)-ს ჩაესვამთ (4)-ში, მივიღებთ

$$x_s \cong \frac{I}{2\alpha} \left\{ \ln \left[1 + \frac{I_s}{I_{s+1}} e^{\alpha(l_s + l_{s+1})} \right] - \ln \left[1 + \frac{I_s}{I_{s+1}} e^{-\alpha(2L - l_s - l_{s+1})} \right] \right\}. \quad (7)$$

ჩვენ შეგვიძლია არ მივიღოთ მხედველობაში ფიგურულ ფრჩხილებში და პირველ კვადრატულ ფრჩხილებში მყოფი მეორე შესაყრები. თუ ამასთან ერთად მოვიგონებთ, რომ ჩვენ სიდიდეები I_s და I_{s+1} ერთისა და იმავე რიგისა მივიღეთ, რაც საშუალებას გვაძლევს უგულებელვყოთ $\ln \frac{I_s}{I_{s+1}}$ შესაყრები $\alpha(l_s + l_{s+1})$ სიდიდესთან შედარებით, პირველი რიგის მიახლოების სახით გვექნება:

$$x_s \cong x_{s+1} = \frac{l_s + l_{s+1}}{2}, \quad (8)$$

ე. ი., როგორც პირველი რიგის მიახლოება, შეგვიძლია მივიღოთ, რომ დენის გაყოფის x_s წერტილები მოთავსებულია ყოველ წყვილ მეზობელ I_s და I_{s+1} დატვირთვათა შუა წერტილებში.

ანალოგიურად ვღებულობთ x_{s-1} წერტილებისათვის პირველი რიგის მიახლოებითს მნიშვნელობებს

$$x_{s-1} \cong x_{s-1,1} = \frac{l_{s-1} + l_s}{2} \quad (9)$$

თუ ახლა გავკვეთთ მთელ OM უბანს x_s ($s = 1, 2, \dots, q-1$) და $x_{s-1,1}$ ($s = 2, 3, \dots, q$) წერტილებში, ადვილად ვიპოვით $x_{s-1,1}$ და x_{s1} წერტილთა შორის მყოფი ნაგებობის მონაკვეთის მკვებავ კათოდურ I_{s1} დენთა პირველი რიგის მიახლოებითს მნიშვნელობებს. ეს მნიშვნელობანი ან ეტოლებათ ასეთ სიდიდეებს:

$$I_s \cong I_{s1} = \frac{\alpha E}{R} \cdot \frac{\text{sh } \alpha(x_{s1} - x_{s-1,1})}{\text{ch } \alpha(x_{s-1} - l_s)}, \quad (10)$$

როდესაც

$$l_s > \frac{x_{s1} + x_{s-1,1}}{2},$$

ანდა შემდეგის ტოლია:

$$I_s \cong I_{s1} = \frac{\alpha E}{R} \cdot \frac{\text{sh } \alpha(x_{s1} - x_{s-1,1})}{\text{ch } \alpha(l_s - x_{s-1,1})}, \quad (11)$$

თუკი

$$l_s < \frac{x_{s1} + x_{s-1,1}}{2}.$$

ვისარგებლოთ ახლა (4) და (5) განჯოლებებით და მოვძებნოთ ჯერ ყველა x_s -სათვის მეორე რიგის მიახლოებითი მნიშვნელობანი შემდეგი ფორმულით:

$$x_s \cong x_{s2} = \frac{I}{2\alpha} [\ln(1 + A_{s2} e^{\alpha L}) - \ln(1 + A_{s2} e^{-\alpha L})], \quad (12)$$

სადაც

$$A_{s2} = \frac{\sum_1^s I_{v1} \operatorname{ch} \alpha l_v}{\sum_{s+1}^q I_{v1} \operatorname{ch} \alpha (L - l_v)}, \quad (13)$$

ხოლო ამის შემდეგ მოვძებნით კათოდურ I_s დენთა მეორე რიგის მიახლოებითი მნიშვნელობები, რომლებიც ეტოლება ან ასეთ სიდიდეებს:

$$I_s \cong I_{s2} = \frac{\alpha E}{R} \cdot \frac{\operatorname{sh} \alpha (x_{s2} - x_{s-1, 2})}{\operatorname{ch} \alpha (x_{s2} - l_s)}, \quad (14)$$

როდესაც

$$l_s > \frac{x_{s2} + x_{s-1, 2}}{2},$$

ან შემდეგის ტოლია

$$I_s \cong I_{s2} = \frac{\alpha E}{R} \cdot \frac{\operatorname{sh} \alpha (x_{s2} - x_{s-1, 2})}{\operatorname{ch} \alpha (l_s - x_{s-1, 2})}, \quad (15)$$

თუკი

$$l_s < \frac{x_{s2} + x_{s-1, 2}}{2}.$$

თუ ასეთ იტერაციულ პროცესს $k-1$ -ჯერ განვაგრძობთ, ჯერ მივიღებთ ყველა x_s -თვის k რიგის მიახლოებითს მნიშვნელობებს შემდეგი ფორმულით

$$x_s \cong x_{sk} = \frac{I}{2\alpha} [\ln(1 + A_{sk} e^{\alpha L}) - \ln(1 + A_{sk} e^{-\alpha L})], \quad (16)$$

სადაც

$$A_{sk} = \frac{\sum_1^s I_{v, k-1} \operatorname{ch} \alpha l_v}{\sum_{s+1}^q I_{v, k-1} \operatorname{ch} \alpha (L - l_v)}, \quad (17)$$

ხოლო შემდეგ გამოვძებნით კათოდურ I_s დენთა k რიგის მიახლოებითს მნიშვნელობებს, რომლებიც ეტოლება ან ასეთ სიდიდეებს:

$$I_s \cong I_{sk} = \frac{\alpha E}{R} \cdot \frac{\operatorname{sh} \alpha (x_{sk} - x_{s-1, k})}{\operatorname{ch} \alpha (x_{sk} - l_s)}, \quad (18)$$

როდესაც

$$l_s > \frac{x_{sk} + x_{s-1, k}}{2},$$

ანდა ასეთ სიდიდებს:

$$I_s \approx I_{sk} = \frac{\alpha E}{R} \cdot \frac{\text{sh } \alpha (x_{sk} - x_{s-1, k})}{\text{ch } \alpha (l_s - x_{s-1, k})}, \quad (19)$$

თუკი

$$l_s < \frac{x_{sk} + x_{s-1, k}}{2}.$$

ზემოთ მოყვანილი თანმიმდევრობითი მეთოდის გამოყენებით შეგვიძლია გამოვძებნოთ დენის გაყოფის x_s წერტილები და კათოდური I_1, I_2, \dots, I_4 დენები ნებისმიერი სიზუსტით.

საინჟინერო გათვლებისათვის ხშირად საკმარისი ხდება პირველი რიგის მიახლოებით დაკმაყოფილება და სრულიად საკმარისია მეორე და მესამე რიგის მიახლოებები. მეოთხე რიგის მიახლოება უკვე ზედმეტ სიზუსტეს იძლევა. მაგალითის სახით განვიხილოთ უბანი, რომლისათვის $L = 20$ კმ, $R = 0,01$ ომი/კმ, $\alpha = 0,2$ 1/კმ და რომელზედაც კათოდური სადგურების აგება ნაპარაუდები. ამ სადგურების კოორდინატები ადგილობრივი პირობების მიხედვით არის $l_1 = 2$ კმ, $l_2 = 8$ კმ, $l_3 = 10$ კმ, $l_4 = 17$ კმ. საჭიროა მოიძებნოს კათოდური I_1, I_2, I_3, I_4 დენების ყველაზე ხელსაყრელი სიდიდეები და ამ დენთა შორის მდებარე დენის გაყოფის x_1, x_2, x_3 წერტილები და აგებულ იქნეს პოტენციალთა და დენთა სათანადო ეპიურები.

ზემოთ მოყვანილი მეთოდის მიხედვით კათოდურ დენთა გათვლის შედეგები მოყვანილია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

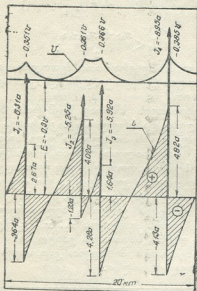
მიახლოების რიგი	კათოდური დენები ამპერებით			
	I_1	I_2	I_3	I_4
I	-6,52	-5,22	-6,03	-8,60
II	-6,41	-5,31	-6,08	-8,76
III	-6,31	-5,22	-5,97	-8,95
IV	-6,31	-5,25	-5,92	-8,95

იმავე მეთოდით მიღებული დენის გაყოფის წერტილები მოყვანილია მეორე ცხრილში.

ცხრილი 2

მიახლოების რიგი	დენის გაყოფის წერტილები		
	x_1	x_2	x_3
I	5,00	9,00	13,50
II	4,93	8,87	13,42
III	4,87	8,85	13,32
IV	4,87	8,87	13,32

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია პოტენციალთა და დენთა ეპიურები, რომლებიც აგებულია (1) და (2) განტოლებათა საშუალებით, კათოდური I_1 , I_2 , I_3 , I_4



ნახ. 2

დენების იმ მნიშვნელობათა მიხედვით, რომლებიც მიღებულია მეოთხე რიგის მიახლოების შემდეგ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. დიდებულიძის სახელობის

ენერგეტიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 10.3.1954)

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. Б. Г. Лорткипанидзе. Общая задача простейшей обратной сети и ее приложение. Труды Института энергетики АН Грузинской ССР, т. VII, 1952.
2. В. А. Пritула. Катодная защита трубопроводов и резервуаров. Гостехиздат, М.—Л., 1950.
3. В. С. Кальман. Электрическая защита подземных трубопроводов от коррозии. Азнефтиздат. Баку, 1946.



მმცნირება

ბ. შრუშვილი

საშემოდგომო ხოვლისათვის ნაჭარხლარის დამუშავების
სიღრმის შესახებ

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ლომოურმა 14.3.1954)

საქართველოს მეჭარხლეობის რაიონებში შაქრის ჭარხლის შემდეგ, ჩვეულებრივ, თავთავიანი კულტურები და, კერძოდ, საშემოდგომო ხორბალი ითესება.

აგროწესების თანახმად, ნაჭარხლარი მინდვრის ხენა უნდა წარმოებდეს თავთავიანი პურეულისათვის საერთოდ მიღებულ სიღრმეზე, ე. ი. 20—22 სმ-ზე [2], მაგრამ პრაქტიკოს მეურნეთა მიერ არაერთხელ დასმულა საკითხი ასეთი მინდვრის ნაკლებ სიღრმეზე მოხვნის მიზანშეწონილობის შესახებ.

როგორც ჩვენი ცდებით, ისე წინათ ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში შაქრის ჭარხალი ტექნიკურ სიმწიფეს დაახლოებით ოქტომბრის პირველ ან მეორე დეკადაში აღწევს, ეს კი იმას ნიშნავს, რომ შაქრის ჭარხლის მოსავლის აღება ემთხვევა საშემოდგომო თავთავიანი პურეულის თესვის ოპტიმალურ ვადებს. ამას, თავის მხრივ, ის მოსდევს, რომ მეურნეობა იძულებული ხდება ყველა ის სამუშაო, რომელიც დაკავშირებულია საშემოდგომო ხორბლის თესვასთან, მაქსიმალურად შეშუადროებულ ვადებში ჩატაროს.

გარდა ამისა, არსებული აგროწესებით, შაქრის ჭარხლის ჩვეულებრივი წინამორბედის—საშემოდგომო ხორბლის—ნაწვერალი უნდა მოიხნას არანაკლებ 23—25 სმ სიღრმეზე. ამ სიღრმეზე მოხვნის დროს სარეველა მცენარეთა თესლისა და აღმონაცენის საგრძნობი რაოდენობა მოხვდება ხნულის ძირში. შაქრის ჭარხლის ხშირი და ღრმა კულტივაციის შედეგად, რომელიც ზოგჯერ 12—14 სმ სიღრმეს აღწევს, ნიადაგის ეს ფენა საკმაოდ იწმინდება სარეველებისაგან. მაგრამ შემდეგ, ნაჭარხლარის 20—22 სმ სიღრმეზე მოხვნისას, ქვედა ფენა, რომელსაც ვერ სწვდება ჭარხლის ნათესის თოხნა-კულტივაცია და რომელიც მდიდარია სარეველა მცენარეთა წინა წელს ჩახნული თესლეულით, ზევით ამოდის და ასარეველიანებს მასზე დათესილ თავთავიან პურეულს.

მხედველობაშია მისაღები ის გარემოებაც, რომ ჭარხლის მოსაყვანად ხმარებული როგორც ორგანული, ისე მინერალური სასუქის დიდი ნაწილი, ამ მცენარის მიერ გამოუყენებლად დარჩენილი, იმყოფება არა ხნულის ქვედა ფენაში, არამედ უფრო ზედა ფენაში და, მაშასადამე, ეს უკანასკნელი უფრო მდიდარია საკვები ნივთიერებებით.

არ შეიძლება უყურადღებოდ იქნეს დატოვებული აგრეთვე საქართველოს მექარხლეობის ძირითადი რაიონების კოლმეურნეთა მიერ არა ერთხელ გამოთქმული აზრი იმის შესახებ, რომ ნაპარხლარი მინდვრის 20—22 სმ-ის სიღრმეზე მოხვნა იძლევა მეტად ბელტოვან ხნულს, რომლის წესიერ მდგომარეობაში მოყვანა საშემოდგომო ხორბლის თესვის დრომდე ხშირად შეუძლებელი ხდება და ამის გამო ან თესვა გვიანდება, ან იგი წარმოებს ცუდად მომზადებულ ხნულზე, რაც უარყოფითს შედეგს იძლევა.

საშემოდგომო ხორბლისათვის ნაპარხლარი მინდვრის დამუშავების საკითხი ექსპერიმენტულად შესწავლილი იყო საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მემინდვრობის ინსტიტუტის მიერ 1946—47 წლებში სარწყავებზე — გორის დასაყრდენ პუნქტზე და ურწყავებში — ხაშურის პუნქტზე.

მიღებული მასალების საფუძველზე ა. ჯაფარიძე [3] იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ნაპარხლარი მინდვრის ხვნა მთელ სიღრმეზე როგორც სარწყავ, ისე ურწყავ პირობებში არაა აუცილებელი. ამის მაჩვენებელია ის გარემოება, რომ ხორბლის მოსავალი 15 სმ სიღრმით მოხნულში 2,2 ცენტნერით მეტი იყო, ვიდრე 20—22 სმ-ზე მოხნულში. ავტორი აღნიშნავს, რომ „სათოხნი კულტურებისათვის სავალდებულო სამუშაოების დაწესებულ ვადებში ხარისხოვნად შესრულების შემთხვევაში ნაპარხლარის ფართობზე ხვნის სიღრმის შემცირება დასაშვებია და მისაღებიც“ [3].

ამავე აზრს იზიარებს ნაპარხლარი მინდვრის მოხვნის საკითხში პროფ. ი. ლომოური [1] მისი აზრით, „ნაპარხლარი მინდვრის მოხვნა 16—18 სმ-ზე სავსებით საკმარისი უნდა იყოს“.

საკითხის შესასწავლად და მასში მეტი გარკვეულობის შეტანის მიზნით 1948—1949 წლებში ჩავატარეთ ცდები იმის დასადგენად, თუ რა გავლენას მოახდენდა ნაპარხლარი მინდვრის ამა თუ იმ სიღრმით დამუშავება საშემოდგომო თავთავიანი პურეულის მოსავალზე. აღნიშნული ცდები წარმოებდა გორის რაიონის სოფელ სკრის კოლმეურნეობის ტერიტორიაზე.

ხვნის სიღრმის განსასაზღვრელად აღებულ იქნა ორი ვარიანტი: ა) აგროწესებით გათვალისწინებული, ე. ი. 20—22 სმ და ბ) შემცირებული სიღრმე—15—17 სმ. მოსავლიანობის აღრიცხვის გარდა ცდებში ჩატარებული იყო შემდეგი თანამდევნი დაკვირვებები: ა) ნიადაგის ტენიანობის დონე საშემოდგომო პურეულის დათესვამდე და მისი ბარტყობის დროს, ბ) ნიადაგისა და ნათესების დასარეველიანება, გ) ბარტყობის სიძლიერე, დ) თავთავის წონა და ზომა, 1000 მარცვლის წონა და სხვ.

ზემოხსენებულ ცდებში გამოყენებულ იქნა საშემოდგომო ხორბლის ადგილობრივი ჯიშები: დოლის პური, თავთუხი—შავფხა და საშემოდგომო ქერი—ძველთესლი.

ფენოლოგიური დაკვირვებანი არ იძლევა რაიმე თვალსაჩინო განსხვავებას 20—22 სმ და 15—17 სმ-ზე მოხნულ ვარიანტებზე.

ხვნის სიღრმის ორივე ვარიანტის ნაკვეთზე ტენის მდგომარეობის სრულ სურათს იძლევა პირველი ცხრილი.

ცხრილი 1

ნიადაგის ტენიანობა პროცენტობით 1947 და 1948 წწ. საშემოდგომო პურეულის თესვის წინ და ბარტყობის პერიოდში

ვარიანტი	ნიმუშების აღებას სიღრმე სმ-ით								
	1947—48 წელი				1948—49 წელი				
	0—5	6—10	11—15	16—22	0—5	6—10	11—15	16—22	
თესვის წინ	საშემოდგომო თავთავიანი პურეული ა) 20—22 სმ სიღრმით მოხნულზე	19,34	22,33	23,42	20,87	18,75	21,48	21,37	20,04
	ბ) 15—17 სმ სიღრმით მოხნულზე	19,75	22,48	22,37	20,04	22,33	21,00	20,14	16,67
ბარტყობის პერიოდში	საშემ. თავთ. პურეული ა) 20—22 სმ სიღრმით მოხნულზე	21,35	24,03	22,42	22,19	22,33	25,25	22,32	22,93
	ბ) 15—17 სმ სიღრმით მოხნულზე	22,33	23,25	22,32	20,93	22,73	25,60	22,01	21,58

როგორც პირველი ცხრილი გვიჩვენებს, ნიადაგის ტენიანობა შემოდგომით, თესვის დროს, ორივე წელს საკმაოდ მცირეა; ამასთანავე ხენის სიღრმის ვარიანტების მიხედვით 1947 წელს ტენის მხრივ მდგომარეობა ერთნაირია, 1948 წელს კი ნიადაგის ტენი 0,5 სმ ფენაში 15—17 სმ-ზე მოხნულში მეტია, ვიდრე 20—22 სმ-იან ვარიანტში, მაგრამ იგი შეიძლება შემთხვევითი ხასიათისა იყოს; უფრო ქვედა ფენებში (16—22 სმ-ს სიღრმეზე) ტენი ბევრად უფრო მეტია ღრმად (20—22 სმ) მოხნულზე.

ტენით უზრუნველყოფის მხრივ ღრმად მოხნულის უპირატესობა მომდევნო პერიოდშიც გადავიდა და ნათესის ბარტყობის ხანამდე გასწვდა.

ამრიგად, ბარტყობამდე ნიადაგის ტენიანობა ორივე წელს მეტია 20—22 სმ-იან ხნულში, ვიდრე 15—17 მოხნულზე.

რა თქმა უნდა, ეს გარემოება არ არის არც მოულოდნელი და არც შემთხვევითი, ვინაიდან ღრმად მოხვნის უდიდესი მნიშვნელობა ტენის პირობათა გაუმჯობესების თვალსაზრისით, განსაკუთრებით ნალექების მხრივ შედარებით ღარიბ რაიონებში, საყოველთაოდ ცნობილი და მტკიცედ დადგენილი ფაქტია. ჩვენმა გამოკვლევებმა მხოლოდ ერთხელ კიდევ დაადასტურა იგი. მაგრამ აქ საეჭვო ისაა, რომ ამ მხრივ ღრმად მოხვნის უპირატესობა არ არის ისე მკაფიოდ გამოვლინებული, როგორც მოსალოდნელი იყო.

ნიადაგის დასარეველიანება ფენებად მოხვნის წინ და მოხვნის შემდეგ

ნიადაგის სხვადასხვა სარეველა მცენარეთა თესლით დასარეველიანების გამოკვლევას მეტად დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ნიადაგის დასარეველიანება იმის მაჩვენებელია, რომ მეურნეობაში მიწათმოქმედების კულტურის დონე არ დგას სათანადო სიმაღლეზე და საჭირო ხარისხით არ ხორციელდება აგროტექნიკურ ღონისძიებათა ის კომპლექსი, რომლის ერთ-ერთი ძირითადი დანიშნულებაა სარეველების წინააღმდეგ ბრძოლა.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ნიადაგი გაცილებით მეტადაა დასარეველიანებული, ვიდრე სათესლე მასალა, და, თუ სათესლე მასალის დასარეველიანება მეურნეობისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს, მით უმეტეს ეს უნდა ითქვას ნიადაგის დასარეველიანებაზე.

იმ მიზნით, რომ შეგვესწავლა ნაპარხლარი მინდვრის სხვადასხვა სიღრმეზე დამუშავების გავლენა საშემოდგომო პურეულის მოსავლიანობაზე, რასაკვირველია, საჭირო იყო გავვერცხვა ისიც, თუ რა მხრივ იმოქმედებდა, მაგალითად, 15—17 სმ-ის სიღრმეზე ხვნა მინდვრის და, მაშასადამე, ნათესების დასარეველიანების დონეზედაც. შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ ამ სიღრმეზე ხვნა მოგვეცმდა სარეველებისაგან უფრო გაწმენდილ ნიადაგს, რადგან ეს სწორედ ის ფენაა, რომელზედაც გაზაფხულ—ზაფხულის განმავლობაში სისტემატურად წარმოებს პარხლის ნათესების თოხნა—კულტივაცია. მაგრამ ამ ვარაუდის არც დასამტკიცებლად და არც უარსაყოფად ხელთ არ გვქონდა არავითარი ფაქტობრივი მასალა, ამიტომ ამ საკითხის გადასაწყვეტად ერთ-ერთ ამოცანად დავსახეთ მისი შესწავლაც.

ცდების ჩატარების ორივე წელს ნიმუშებს ვიღებდით ოთხ სიღრმეზე: 0-5 სმ, 6—10 სმ, 11—15 სმ და 16-22 სმ-ზე ნაპარხლარი მინდვრის მოხვნის წინ და მოხვნის შემდეგ. დანაყოფის ათი წერტილიდან აღებული ნიადაგის ნიმუშები დამუშავებულ იქნა ლაბორატორიაში ტექნიკური პოტაშისაგან და მზადებული „მძიმე ხსნარით“ (ხვედრ. წონა 1.5673).

ნაპარხლარი მინდვრის ნიადაგის ფენობრივად დასარეველიანების შესახებ მონაცემები მოგვეყვას მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

სარეველა მცენარეთა რაოდენობა ცალობით ჰექტარზე მოხვნის წინ

№№ რიგზე	ნიმუშების აღების სიღრმე სმ-ით	1947 წ.	1948 წ.	ორი წლის საშუალო
1	0—5	22.011.500	23.269.300	22.640.400
2	6—10	25.611.600	20.124.800	22.898.200
3	11—15	27.042.700	22.621.500	24.832.100
4	16—22	39.126.300	36.702.800	37.914.550
მთელ სახნავ ფენაში		113.852.100	102.718.400	108.285.250

ამ მასალიდან ჩანს, რომ 0—5 სმ სიღრმის ფენაში სხვადასხვა სახის სარეველა მცენარეთა თესლის რაოდენობა შეადგენს მთელ სახნავ ფენაში არსებულ სარეველა მცენარეთა თესლის 20,9%-ს, 6—10 სმ სიღრმის ფენაში—

21,2⁰/₁₀₀-ს, 11—15 სმ სიღრმის ფენაში—22,9⁰/₁₀₀-ს და 16—22 სმ სიღრმის ფენაში კი—35,0⁰/₁₀₀-ს.

სარეველა მცენარეთა თესლეულით ნიადაგის ქვედა ფენის (16—22 სმ) ასეთი დასარეველიანების მიზეზი იმით აიხსნება, რომ ეს არის სწორედ ის ფენა, რომელიც ჰარხლის წინამორბედ საშემოდგომო ხორბლის ნაწვერალის მზრალად მოხენისას ზევიდან ქვევით, ხნულის ძირში, მოექცა და თან ჩაიტანა მის ზედაპირზე სარეველების დაცვენილი თესლი. ჰარხლის ნათესის თოხნაკულტივაცია ამ ღრმა ფენას არ ჩასწვდომია და, ამრიგად, სარეველათა თესლის მასა ხელუხლებელი დარჩა. ასევე კანონზომიერად უნდა ჩაითვალოს ზედა ფენების უფრო და უფრო მეტი სიწმინდე სარეველებისაგან; იმ დროს, როდესაც ღრმა კულტივაცია ნიადაგის 11—15 სმ-იან ფენას ზაფხულის განმავლობაში სულ ერთხელ ან ორჯერ შეეხებოდა, 6—10 სმ-იანი და მით უფრო 0—5 სმ-იანი ფენა ბევრად უფრო ხშირად განიცდიდა არა მარტო კულტივაციას, არამედ ხელით თოხნასაც, რასაც, რა თქმა უნდა, არ შეეძლო გარკვეული გავლენა არ მოეხდინა ამ ფენების სარეველებისაგან გაწმენდაზე.

ორივე წელს საცდელი ნაკვეთის მოხენის შემდეგ ნიადაგში არსებული სარეველა მცენარეთა თესლის საერთო რაოდენობა და მათი ფენობრივი განაწილება ხენის სიღრმის ვარიანტის მიხედვით წარმოდგენილია მესამე ცხრილში.

ცხრილი 3

ნაჭარხლარი მინდვრის ნიადაგის დასარეველიანება ორი წლის საშუალო მაჩვენებლების მიხედვით

№ № რიგზე	ნიმუშის აღების სიღრმე სმ-ით	მოხენის წინ (ცალობით ჰექტარზე)	მოხენის შემდეგ ცალობით ჰექტარზე	
			20—22 სმ სიღრმით მოხნულზე	15—17 სმ სიღრმით მოხნულზე
1	0—5	22.640.400	35.429.400	26.867.150
2	6—10	22.898.260	26.480.675	22.504.275
3	11—15	24.832.100	25.255.875	20.801.225
4	16—22	37.914.550	24.268.750	36.126.000
სულ		108.285.250	111.434.700	105.328.650

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ მოხენის წინ ნაჭარხლარი მინდვრის დასარეველიანება სიღრმის მიხედვით თანდათან მატულობს, ხოლო მთელ სახნავ ფენაში სარეველა მცენარეთა თესლის საერთო რაოდენობა 108 მილიონს აღემატება. მოხენის შემდეგ საკონტროლო ვარიანტის (20—22 სმ-ზე მოხნული) 0—5 სმ-იან ფენაში დასარეველიანება, შედარებით მოუხენელთან, 12.789.000 ცალი თესლით, ანუ 56,2⁰/₁₀₀-ით გაიზარდა. ბევრად უფრო ნაკლებ ზრდას აქვს ადგილი 6—10 და 11—15 სმ სიღრმის ფენებში, ხოლო სულ ქვედა 16—22 სმ-იან ფენაში დასარეველიანება 13.645.800 ცალით, ანუ 36,2⁰/₁₀₀-ით, შემცირდა. ყველა ეს მონაცემი ნათლად მოწმობს, რომ 20—22 სმ-ის სიღრმეზე

მოხენისას ხნულის ზედა ფენაში (0—5 სმ) დასარეველიანება იზრდება ძირითადად ხნულის ქვედა ფენის (16—22 სმ) ზევით ამობრუნების გამო.

სხვა მდგომარეობა გვაქვს 15—17 სმ სიღრმეზე მოხნულ ვარიანტზე. აქ ხნულის მთელ სიღრმეზე დასარეველიანების დონე შედარებით ნაკლებია (იგულისხმება სახნავი ფენა 15—17 სმ), ვიდრე პირველ ვარიანტში, და ეს შედარებითი სიწმინდე სარეველებისაგან ნათლად ჩანს სამივე ფენაში. ასე, ფენა 0—5 სმ შეიცავს 24,1%-ით (8,5 მილიონით), ფენა 6—10 სმ 15,0%-ით (3,9 მილ.) და ფენა 11—15 სმ 17,3%-ით (4,4 მილიონით) ნაკლებ თესლს, ვიდრე ღრმად მოხნული ვარიანტი.

ეს გარემოება შეიძლება მხოლოდ იმით აიხსნას, რომ ნაკლები სიღრმის ვარიანტზე ნიადაგის დამუშავებისას ხენა არ შეხებია ყველაზე მეტად დასარეველიანებულ ქვედა ფენას 16—22 სმ სიღრმეზე. ეს ფენა გუთანს არ ამოუბრუნებია და არც ხნულის დანარჩენ ფენებში არ შეურევია სარეველა მცენარეების თესლი.

ნიადაგის დასარეველიანების შესწავლასთან ერთად უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს თვით ნათესის დასარეველიანების გამოკვლევას.

1947/48 და 1948/49 წლების დაკვირვებათა მიხედვით, ნაჭარხლარი მინდვრის ნაკლები სიღრმით მოხენის შემთხვევაში თავთავიანი პურეულის ნათესის დასარეველიანება უფრო ნაკლებია, ვიდრე 20—22 სმ სიღრმით მოხნულზე. ეს შემცირება საშუალოდ 120 ათასიდან 640 ათასამდე მერყეობს.

ცხრილი 4

საშემოდგომო თავთავიანი პურეულის ნათესის დასარეველიანება ხენის სიღრმის მიხედვით

№№ რიგზე	ვარიანტები	აღმოცენ- ბის დროს	ბარტყო- ბის პერი- ოდში	ერთ კვადრატულ მეტრზე	
				I გამარ- გვლის წინ	II გამარ- გვლის წინ
1	დოლის პური 20—22 სმ სიღრმით მოხნულზე	211,0	264,0	289,1	233,4
2	დოლის პური 15—17 სმ სიღრმით მოხნულზე	175,2	202,5	257,0	215,1
3	შავეზა 20—22 სმ სიღრმით მოხნულზე	185,9	260,4	336,5	258,6
4	შავეზა 15—17 სმ სიღრმით მოხნულზე	147,1	216,0	272,5	246,0
5	საშემოდგომო ჭერი 20—22 სმ სიღრმით მოხნულზე	187,6	246,3	296,4	248,5
6	საშემოდგომო ჭერი 15—17 სმ სიღრმით მოხნულზე	151,1	196,0	234,6	207,2



ხენის სიღრმის ვარიანტების მიხედვით დალაგებული ციფრობრივი მა-სალა ყანის სიხშირის, საერთო და პროდუქციული ბარტყობის, ღეროს საშუალო სიმაღლის, თავთავის სიგრძისა და წონის, აგრეთვე 1000 მარცვლის წონისა და მოსავლიანობის შესახებ წარმოდგენილია მე-4 ცხრილში.

ამ ცხრილის მონაცემთა ურთიერთთან შედარება ნათლად გვიჩვენებს, რომ ნაპარხლარ მინდორზე საშემოდგომო თავთავიანი პურეულის (ხორბლისა და ქერის) ყანის სიხშირე, ღეროს სიმაღლე, საერთო და პროდუქციული ბარტყობა, 1000 მარცვლის წონა, თავთავის საშუალო სიგრძე, წონა და მოსავლიანობაც არ ჩამორჩება 20—22 სმ სიღრმით მოხსულს. ამას უნდა დაემატოს ზემოთ აღნიშნული გარემოებაც, რომ ნიადაგისა და ნათესის დასარეველიანება 15—17 სმ სიღრმით მოხსულზე გაცილებით უფრო ნაკლებია, ვიდრე 20—22 სმ მოხსულზე.

სანამ სათანადო დასკვნებს გავაკეთებდეთ, საჭიროდ მიგვაჩნია აღვნიშნოთ, რომ გაზეთ „სოციალისტიჩესკოე ზემლედელიეში“ (26.XII.1950) ნიადაგის დამუშავების საკითხზე დაბეჭდილი იყო სტატია პროფ. ნ. სოკოლოვისა, რომელშიაც ავტორი აღნიშნავდა, რომ სამხრეთ რაიონებში სავსიანო სათონი კულტურების შემდეგ მინდვრის ღრმად ხენა არადაამაკმაყოფილებელ შედეგს იძლევა საშემოდგომო თავთავიანებისათვის, რადგან მათი აღმონაცენი ცუდად ზამთრობს ახლად მოხსულ და ჯერ კიდევ დაუმჯდარ ნიადაგზე. ამიტომ იგი რჩევას იძლეოდა სათონი კულტურების აღების შემდეგ თავთავიანებისათვის ნიადაგის მომზადება მშრალ ამინდში განსაზღვრულიყო აოშვით და ზედვე მიყოლებული ფარცხვით [4].

ცხრილი 5

საშემოდგომო ნათესის ზრდა-განვითარებისა და მოსავლიანობის მაჩვენებლები (ორი წლის საშუალო)

№№ რიგზე	ცდის ვარიანტი	ყანის სი- შირე	ბარტყობა		ღეროს სი- მაღლე სმ-ით	თავთავის სიგრძე სმ-ით	თავთავის წონა გრ-ით	1000 მარ- ცვლის წონა გრ-ით	მოსავლი ცენტ-ით ჰექტარზე
			საერ- თო	პრო- დუქც.					
1	დოლის პური 20—22 სმ სიღრმით მოხსული . . .	284,0	3,145	1,825	88,4	6,185	0,5965	32,5	15,40
2	დოლის პური 15—17 სმ სიღრმით მოხსული . . .	312,0	3,315	1,830	87,1	6,540	0,5970	32,4	15,85
3	შაფეხა 20—22 სმ სრ. მოხნ.	274,5	3,185	1,680	95,4	6,045	0,9740	44,3	17,15
4	„ 15—17 „ „ „	260,2	2,985	1,485	94,8	6,240	1,1350	45,8	17,80
5	საშემ. ქერი 20—22 „ „	242,9	3,995	2,355	69,0	7,250	1,2235	41,6	14,95
6	„ „ 15—17 „ „	255,3	4,025	2,456	69,2	7,435	1,1555	41,5	15,65

ყველა ზემოხსენებულის შემდეგ შეიძლება შემიღებო დასკვნა გავაკეთოთ: ქართლის მეპარხლეობის რაიონებისათვის საშემოდგომო თავთავიანი კულ-

ტურების თესვის დაგვიანების თავიდან ასაცილებლად ნიადაგის დამუშავების ისეთი ხერხები უნდა გამოიყენებოდეს, რომლებიც შესაძლებელს გახდიან ნაქარხლარის მოკლე ვადაში წესიერად დამუშავებას. ამის ერთ-ერთ (და არა ერთად-ერთ) საშუალებად მიგვაჩნია ამ მინდვრებზე ქარხლის ამოღების უმაღლესი შედეგებით ნაკლებ სიღრმეზე (15—17 სმ-ზე), რამაც უნდა მოგვეცეს ხნულის ნაკლები ბელტიანობა, ე. ი. დასათესად უფრო ადვილად მოსამზადებელი და სარეველებისაგან უკეთ გაწმენდილი ნიადაგი.

ეს ღონისძიება, პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებული საქართველოს მე-ქარხლეობის რაიონებში და ჩვენ მიერ შესწავლილი აგროტექნიკური მიზან-შეწონილობის თვალსაზრისით, ჩვენი აზრით, იმდენად საყურადღებოა, რომ საჭიროდ მიგვაჩნია მისი შემოწმება უფრო ფართო, საწარმოო ხასიათის ცდებ-შის საშუალებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

მეცნიერების ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3.3.1954)

დაამოწმებული ლიტერატურა

1. ი. ლომოური. მარცვლელთა კულტურები. ნაწილი პირველი, თბილისი, 1946.
2. მარცვლელთა კულტურების აგრომითი თეზანი, თბილისი, 1946.
3. ა. ჯაფარიძე. ნასიმინდარი და ნაქარხლარი ფართობის დამუშავება საშემოდგომო ხორბლისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერების ინსტიტუტის შრომები, ტ. III, თბილისი, 1948.
4. С. Н. Соколов. Обработка почвы. Газета «социалистическое земледелие» от 26.XII.1950.

მასპარეზობს. მედიცინა

ბ. ზვირიშვილი და ე. კილშრადმ

კუჭის ინტეროცეპტორების ბალიზიანების გავლენა პერიფერიული სისხლის სურათზე და ლეიკოციტოზის განვითარების მემანიჭმი

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ერისთავმა 16.12.1953)

ცენტრალური ნერვული სისტემის გავლენა პერიფერიულ სისხლზე და სისხლში ორგანოებზე შესწავლილი და დადგენილია რიგი ავტორების მიერ [1,5,8].

ს. ბოტკინი [4] ჯერ კიდევ 1884 წელს აღნიშნავდა, რომ კუჭის პილორული ნაწილის სიმსივნისა და ანკილოსტომიდოზის დროს სისხლში არსებული ცვლილებები უნდა აიხსნას იმ ნერვულ დაბოლოვებათა გაღიზიანებით, რომლებიც კუჭსა და თორმეტგოჯა ნაწლავშია.

ასევე დიდი ხანია ცნობილია კვებითი ლეიკოციტოზის ნიერო-რეფლექსური ბუნება, რომელიც განსაკუთრებით კარგადაა შესწავლილი გ. ბელენკისა და ს. კისელეევას [2,3,6] მიერ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა და ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი 1951 წლიდან დღემდე სწავლობს საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის სხვადასხვა ნაწილის გაღიზიანების გავლენას პერიფერიული სისხლის სურათზე. მაგალითად, დადგენილია თორმეტგოჯა ნაწლავის მექანორეცეპტორებისა და ბარორეცეპტორების გავლენა პერიფერიული სისხლის სურათზე (ე. სემენსკაია, ო. ჭუმბურიძე, ც. აბაკელია) [7].

1952 წელს ჩვენ მიერ [10] შესწავლილ იქნა წვრილი ნაწლავის გაღიზიანების გავლენა პერიფერიული სისხლის სურათზე. ცდებით გამოიჩინა, რომ წვრილი ნაწლავის ინტეროცეპტორების გაღიზიანება იწვევს ძლიერ ლეიკოციტოზს, რომლის ბუნება ნერვულ-რეფლექსური ხასიათისაა და რომელიც ცენტრალური ნერვული სისტემის გავლენის ქვეშ იმყოფება. გასულ წელს ჩვენ მიერ მიღებულ იქნა პირობით რეფლექსური ლეიკოციტოზი, რომლის უპირობო გაღიზიანებულს ნაწლავის ინტეროცეპტორების გაღიზიანება წარმოადგენდა.

ამ ჩვენს ნაშრომში განხილულია კუჭის მექანიკური გაღიზიანების გავლენა პერიფერიულ სისხლის სურათზე და შეძლებისდა გვარად გარკვეულია მისი მექანიზმის საკითხი.

აღნიშნული საკითხის გასარკვევად ა. იაროშევსკის [9] ცდები უწარმოებია კატებზე; მას კუჭის ლორწოვანის მექანიკური გაღიზიანების 1—1,5 საათის შემდეგ მიუღია ლეიკოციტოზი, რომელიც აღარ ვითარდებოდა კუჭის ლორწოვანზე კოკინის წასმის შემდეგ.



ჩვენ მიერ ცდები ჩატარებულია 4 ძალზე; აქედან ორს გაკეთებულ პქონდა კუჭის ფისტულა ბასოვის წესით, ხოლო ორს—იზოლირებული მცირე კუჭი ფუნდური ნაწილიდან პავლოვის წესით და ამავე დროს დიდი კუჭის ფისტულა. ნაოპერაციებ კრილობათა სრული შეხორცების შემდეგ ვადგენ-დით ცხოველების ჰემატოლოგიურ სტატუსტს (ისწავლებოდა პერიფერიული სისხლის სურათი და ძვლის ტენინის პუნქტატი), რომლის ნორმალური მდგო-მარეობის ფონზე ვიწყებდით ცდების ჩატარებას.

ცდები წარმოებდა დღის 10 საათიდან 12 საათამდე და ამ ხნის გან-მავლობაში სისხლს ვიღებდით 15 წუთის შუალედებით, ხოლო მთელი და-კვირების მანძილზე ცხოველების ყოველდღიური კვება წარმოებდა დღის 12—13 საათის (ე. ი. ცდების ჩათაგების) შემდეგ. ჩვენ პირველ რიგში სისხლი შევისწავლეთ დროის ამ მონაკვეთში (დღის 10-დან 12 საათამდე) ცხოვე-ლების მშიერ მდგომარეობაში და კუჭის მექანიკური გალიზიანების გარეშე.

ჩატარებული ცდებით გამოირკვა, რომ ლეიკოციტების რიცხვი ცდის ასეთ პირობებში ღირსშესანიშნავ ცვლილებებს არ განიცდის. აღნიშნული სა-კონტროლო ცდები და ცხოველების ყოველდღიური კვებითი რეჟიმი (კვება ცდების ჩათაგების შემდეგ) უფლებას გვაძლევს კვებითი ლეიკოციტოზი და მის საფუძველზე განვითარებული პირობით რეველქსური ლეიკოციტოზი ჩვენს შემთხვევებში გამოირცხულად ჩავთვალოთ.

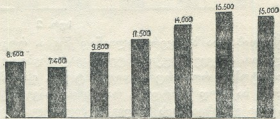
ცდის მეთოდი. საცდელი ცხოველები (გასეირნების, მოშარდვისა და დეფეკაციის შემდეგ) იზოლირებულ ოთახში თავსდებოდნენ საცდელ მაგიდაზე. წერილი ნემსის ჩხვლეტით ვიღებდით სისხლს ყურის ვენიდან, რის შემდეგ კუჭში (კანულიდან) შეგვქონდა რეზინის ბალონი, რომელსაც ვებრავდით 250—300 კგ სმ ჰაერით. ბალონი რეზინის მილით უერთდებოდა წყლის მა-ნომეტრს, რომელიც ბალონის გაბერვის ხარისხს გვიჩვენებდა. კუჭში გაბე-რილი რეზინის ბალონი წარმოადგენდა კუჭის ინტეროკეპტორების გამლი-ზიანებელ ფაქტორს, რომელსაც კუჭში ვტოვებდით 1—2 საათის განმავლო-ბაში და ამ ხნის მანძილზე სისხლს ვიღებდით ყოველი 15 წუთის შუალედე-ბით. ასეთი სახის ცდა სულ ოთხივე ძალზე ჩატარებულია 16-ჯერ, რო-მელთა სადემონსტრაციო ცდების შედეგები წარმოდგენილია პირველ დიაგ-რამაზე, საიდანაც ირკვევა, რომ კუჭის გალიზიანება იწვევს პირველ ხანებში ლეიკოციტების რიცხვის შემცირებას, 15—40 წუთის შემდეგ კი ლეიკოციტე-ბის რიცხვი იზრდება და თანდათანობით მატულობს 1—2 საათის განმავლო-ბაში. ლეიკოციტური ფორმულის ანალიზით გამოირკვა, რომ ლეიკოციტოზი ძირითადად ნეიტროფილების ხარჯზე ვითარდება. ჩვენ მიერ ჩატარებული პირველი სერიის ცდებით გამოირკვა, რომ წითელი სისხლი (ჰემოგლობინი, ერიტროციტების საერთო რიცხვი, ფერადობის მაჩვენებელი) რაიმე ღირს-შესანიშნავ ცვლილებებს არ განიცდის, რის გამოც, შემდეგ ცდებში სისხლის ამ მაჩვენებლების განსაზღვრა არ გვიწარმოებია.

ლეიკოციტების მიღებული ზრდა რომ ძირითადად კუჭის ინტეროკეპ-ტორების გალიზიანების შედეგია, ეს მტკიცდება კუჭის ლორწოვანზე კოკაინის მოსხურების შემდეგ ჩატარებული ცდით. ცდების შედეგები მოცემულია მე-2

ლიაგრამაზე, საიდანაც ირკვევა, რომ კუჭის ლორწოვანის კოკაინიზაციის შემდეგ ლეიკოციტური რეაქცია საგრძნობლად მცირდება, რაც მიგვითითებს ზემოთ აღნიშნული რეაქციის ნიერო-რეფლექსურ ბუნებაზე, რომლის საწყისს კუჭის ინტროცეპტორების გაღიზიანება წარმოადგენს. კუჭის კოკაინიზაციის შემდეგ მექანიკური გაღიზიანების საპასუხოდ არსებული მცირედ გამოხატული ლეიკოციტური რეაქცია, ალბათ, შედარებით ღრმად მდებარე რეცეპტორების გაღიზიანების შედეგია, რომელთა დადამბლაგება კოკაინის კუჭის ლორწოვანზე მოსხურებით შეუძლებელია.

აღწერილ ლეიკოციტურ რეაქციაში ცენტრალური ნერვული სისტემის როლი რომ გავგერკვია, ჩვენ სისხლი შევისწავლეთ მედიკამენტური ძილის პირობებში. ძილს ვიწვევდით ძალის კილოგრამ წონაზე 0,02 გრამი ბარბამილის კუნთებში გაკეთებით. ცხოველები იძინებდნენ ინექციის გაკეთებიდან 10—12 წუთის შემდეგ და დაახლოებით 1—2 საათი ეძინათ. ძილის პირობებში ჩვენი ცდის მეთოდი ასეთი იყო: ბარბამილის გაკეთებისთანავე კუჭის ფისტულაში შეგვჭონდა რეზინის ბალონი. ცხოველს ვტოვებდით იზოლირებულ ოთახში და ვაკვირდებოდით სათვალთვალო ხერედიდან. ინექციის გაკეთებიდან 10—15 წუთის შემდეგ, როცა ცხოველი ჩათვლემდა, რეზინის ბალონს ვებრავდით 250 კუბ. სმ ჰაერით.

განმეორებითი ანალიზისათვის სისხლს ვიღებდით 1 საათის შემდეგ. ცდებით გამოირკვა, რომ, თუ ნორმალურ პირობებში კუჭის რეცეპტორების 2 საათის განმავლობაში გაღიზიანება ლეიკოციტების რიცხვის თითქმის



სურ. 1

1—2-ჯერ გაზრდას იწვევდა, ძილის დროს იმავე გამაღიზიანებლის საპასუხოდ ლეიკოციტების რაოდენობა უმნიშვნელო ცვლილებებს განიცდიდა და მხოლოდ 1000—1500 ლეიკოციტი ემატებოდა, ე. ი. კუჭის ლორწოვანის მექანიკური გაღიზიანების საპასუხოდ არსებული ლეიკოციტური რეაქცია მედიკამენტური ძილის დროს საგრძნობლად სუსტდება.

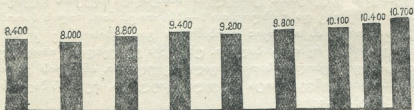
№ 92 ძალზე ვსწავლობდით რა მედიკამენტური ძილის გავლენას კუჭის მორტორულ ფუნქციაზე, 15 დღის განმავლობაში გვიხდებოდა ცხოველის ყოველდღიური დაძინება და ერთდროულად კუჭში ბალონის გაბერვა. აღნიშნულ ცხოველს შემდეგი მოვლენა განუვითარდა: ძალდი, რომელიც პირველ ხანებში წყნარად იდგა საცდელ მაგიდაზე, ბარბამილის ყოველდღიური ინექციის 10—15 დღის შემდეგ ძლიერ მოუსვენრობას იჩენდა და მისი მაგიდაზე გაჩერება შეუძლებელი ხდებოდა, მაგრამ საკმარისი იყო ცხოველისათვის კუჭის ფისტულადან შეგვეტანა რეზინის ბალონი, რომ ძალდი წყნარდებოდა, ჩამოეკიდებოდა საცდელი მაგიდის გამკავებელს და უბარბამილოდ იძინებდა.



აღნიშნული შემთხვევის ანალიზით უდავოა, რომ ცხოველს უვითარდებოდა პირობითი რეფლექსური ძილი, რომლის პირობით გამიზიანებელს კუჭის ინტეროცეპტორების აღზნება წარმოადგენდა (ეს მოვლენა ცხოველს 3 თვის განმავლობაში გაუგრძელდა).

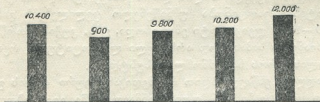
ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა სისხლი ცდის ამ შემთხვევაში, ე. ი. პირობით რეფლექსური ძილის დროს, რითაც გამოირკვა, რომ პირობით რეფლექსური ძილის დროს კუჭის ლორწოვანის მექანიკური გაღიზიანების საპასუხოდ არსებული ლეიკოციტური რეაქცია ძლიერ სუსტად არის გამოხატული.

როგორც ცნობილია, ძილი წარმოადგენს ქერქის გაფანტულ შეკავებას, რომლის დროსაც ყველა ის რეფლექსური რეაქცია, რომელიც ცენტრალური ნერვული სისტემისა და, კერძოდ, ქერქის გავლენის ქვეშ იმყოფება, საკმაოდ



სურ. 2

სუსტდება და ზოგჯერ მთლიანად ქრება. როგორც ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდებით ირკვევა, კუჭის ინტეროცეპტორების გაღიზიანებით გამოწვეული ლეიკოციტოზი, როგორც შედეგად მიღებული, ისე პირობით რეფლექსური ძილის დროს საკმაოდ სუსტდება, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ კუჭის კედლის მექანიკური გაღიზიანების შედეგად მიღებული ლეიკოციტური რეაქცია ცენტრალური ნერვული სისტემის (ცნს) და, კერძოდ, თავის ტვინის ქერქის გავლენის ქვეშ იმყოფება.



სურ. 3

ჩვენ დაინტერესდით საკითხით: კუჭის ინტეროცეპტორებიდან ცნს-კენ გაღიზიანების გადაცემა ძირითადად რომელი ნერვებით ხორციელდება? ამის გასარკვევადაც ცდები ჩავატარეთ პარასიმპატიკოტროპული საშუალებების ხმარების ფონზე.

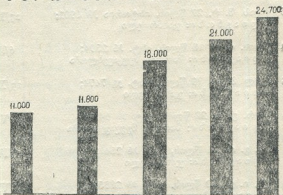
პარასიმპატიკური ნერვული სისტემის და, კერძოდ, ცთომილი ნერვის გამოთიშვას ვახდენდით 1% 0,5 კუბ. სმ ატროპინის კანქვეშ შეყვანით. საკონტროლო ცდებით გამოირკვა, რომ მხოლოდ ატროპინის გაკეთება არ ცვლის

პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების რიცხვს. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც ატროპინი შეგვეყვანა კუჭის ლორწოვანის მექანიკური გაღიზიანების პირობებში, ლეიკოციტური რეაქცია, რომელიც ნორმალურ პირობებში კუჭის ინტეროცეპტორების გაღიზიანებისას არსებობდა, ატროპინიზაციის შემდეგ აღარ აღინიშნებოდა (ღიაგრამა 3).

პარასიმპატიკური ნერვული სისტემის დადამბლაგების პარალელურად ჩვენ მიერ ცდები ჩატარებულია პარასიმპატიკური ნერვული სისტემის აგზნების ფონზე, რასაც ვიწვევდით 0,5%—1 მლ. პილოკარპინის კანქვეშ გაკეთებით. კუჭის ინტეროცეპტორების გაღიზიანების გარეშე ჩატარებულმა საკონტროლო ცდებმა დაგვანახვა, რომ პილოკარპინი ან სრულებით არ მოქმედებს ლეიკოციტების რიცხვზე, ან იწვევს ლეიკოციტების რიცხვის ოდნავ შემცირებას, ხოლო კუჭის ინტეროცეპტორების გაღიზიანების ფონზე პილოკარპინის გაკეთება ძლიერ ლეიკოციტოზს იწვევდა (ღიაგრამა 4). ამ შემთხვევებში კუჭში ბალონის 150 კუბ. სმ ჰაერით გაბერვისას ლეიკოციტური რეაქცია შედარებით სუსტი იყო, ხოლო 600—700 კუბ. სმ ჰაერით გაბერვა, ე. ი. უფრო ძლიერი მექანიკური გაღიზიანება შედარებით ძლიერ ლეიკოციტოზს იწვევდა.

ჩატარებულნი ცდებით ირკვევა, რომ ცთომილი ნერვის ფუნქციურ მდგომარეობას კუჭის ინტეროცეპტორების გაღიზიანებით გამოწვეულ ლეიკოციტების რაოდენობრივ ცვლილებებზე უდიდესი გავლენა აქვს.

ჩვენ დავინტერესდით, კუჭის რომელი ნაწილის ინტეროცეპტორები უფრო მგრძობიარეა მექანიკური გაღიზიანების შედეგად არსებული ლეიკოციტარული რეაქციის განვითარებაში. აღნიშნული საკითხის გასარკვევად ცდები ჩავატარეთ პელოვის წესით იზოლირებულ კუჭთან ორ ძაღლზე, რომელთაც ამავე დროს ჰქონდათ დიდი კუჭის ფისტულა. ამ ცხოველებზე ცდები ჩა-



სურ. 4

ტარებულია როგორც ფუნდური ნაწილიდან შექმნილი მცირე კუჭის, ისე დიდი კუჭის, აგრეთვე კუჭის ორივე ნაწილის ერთდროულად გაღიზიანების პირობებში. მცირე კუჭში შეყვანილი ბალონი იბერებოდა 15—18 მლ წყლით, ხოლო დიდ კუჭში შეყვანილი ბალონი—200—300 კუბ. სმ ჰაერით. ორივე ცხოველზე სულ ჩატარებულია 14 ცდა, რომელთა ანალიზით გამოირკვა, რომ კუჭის ფუნდური ნაწილის (ე. ი. მცირე კუჭის) გაღიზიანებისას ლეიკოციტური რეაქცია შედარებით სუსტად არის გამოხატული. დიდი კუჭის გაღიზიანებისას იგი უფრო ძლიერდება, ხოლო კუჭის ორივე ნაწილის გაღიზიანებას უფრო მკვეთრი რეაქცია მოსდევს. ასევე შემჩნეულ იქნა, რომ, რაც უფრო



ძლიერია გამლიზიანებელი, ე. ი. რაც უფრო მეტად ვებრავთ კუჭში არსებულ რეზინის ბალონს (600—800 კუბ. სმ ჰაერით), ლეიკოციტების რიცხვის ზრდის ხარისხი მით უფრო მეტია.

ამრიგად, ამ სერიის ცდებით დადგენილ იქნა, რომ, რაც უფრო ძლიერია გამლიზიანებელი და იგი კუჭის რეცეპტორების რაც უფრო მეტ ნაწილს აღიზიანებს, მით უფრო ძლიერია ორგანიზმის საპასუხო რეაქცია, ე. ი. ამ შემთხვევაში ლეიკოციტების რიცხვის ზრდის ხარისხი.

ცხრილი 1

რიგი	ავადმყოფის გვარი, სახელი, მამის სახელი, წლოვანება, ისტორიის №-ს, დიაგნოზი	ცდის ჩატარების თარიღი	ლეიკოციტების საერთო რიცხვი	ლეიკოციტების რაოდენობა კუჭში ბალონის გაბერვისას 1 საათის შემდეგ
1	მან. ს. ა., 23 წლის, ისტორია № 11; დიაგნოზი: შარდის შეუკავებლობა	12/I—51 წ.	5400	9500
2	ძამ. ა. ა., 23 წლის, ისტ. № 2857; დიაგნოზი: შარდის შეუკავებლობა	3/I—51 წ.	7400	9400
3	გას. შ. რ., 27 წლის, ისტორია № 1901; დიაგნოზი: ჯანმრთელი	27/III—51 წ.	6200	8900
4	სის. ი. ს., 15 წლის, ისტ. № 2394; დიაგნოზი: შარდის შეუკავებლობა	6/II—51 წ.	6500	8800
5	პლ. პ. თ., 19 წლის, ისტ. № 7474; დიაგნოზი: ჯანმრთელი	13/XI—51 წ.	4200	8000
6	გრ. გ. მ., 22 წლის, ისტ. № 5427; დიაგნოზი: შარდის შეუკავებლობა	22/VIII—51 წ.	5400	9200
7	გ. გ. ი., 21 წლის, ისტ. № 2641; დიაგნოზი: ჯანმრთელი	16/IV—51 წ.	4100	7600
8	შ. ი. ე., 32 წლის, ისტ. № 2883; დიაგნოზი: სათესლე ჯირკვლის წყალმანკი	23/VI—51 წ.	6600	8400
9	კაბ. შ. ე., 23 წლის, ისტ. № 2642; დიაგნოზი: შარდის შეუკავებლობა	17/IV—51 წ.	8000	10000
10	იგ. გ. ძ. 20 წლის, ისტ. № 3350; დიაგნოზი: შარდის შეუკავებლობა	18/V—51 წ.	5800	8800

ვუკეთებთ რა ანალიზს ჩვენ მიერ განხილულ ექსპერიმენტულ მასალას, შემდეგ დასკვნამდე მივიღივართ:

კუჭის რეცეპტორების გაღიზიანებით გამოწვეული ლეიკოციტოზი ნეირორეფლექსური ბუნებისაა, რომლის დასაწყისს კუჭის რეცეპტორების გაღიზიანება წარმოადგენს, რაც ძირითადად ცთომილი ნერვების საშუალებით გადაეცემა თავის ტვინის ქერქს. ლეიკოციტური რეაქცია დამოკიდებულია როგორც კუჭის რეცეპტორების მდგომარეობაზე, მის ფართობზე, გაღიზიანების ხარისხ-

ზე, ასევე გამტარი გზებისა (ძირითადად ვაგუსის) და თავის ტვინის ქერქის ფუნქციურ მდგომარეობაზე.

აღნიშნულ საკითხს მედიცინის თანამედროვე გაგებით როგორც დიდი თეორიული, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რამაც საშუალება მოგვცა ანალოგიური დაკვირვებანი ადამიანებზე გვეწარმოებინა.

დაკვირვებები ნაწარმოებია 10 ახალგაზრდა მამაკაცზე, რომლებსაც კლინიკური, ლაბორატორიული და რენტგენოლოგიური გამოკვლევების მიხედვით, ჯანმრთელი კუჭ-ნაწლავი ჰქონდათ (იხ. ცხრილი 1).

დილის საათებში თითოიდან სისხლის აღების შემდეგ ვამოსაკვლევ პირს ვაყლაპვდით ბიკოვ-კურცინის მიერ მოწოდებულ ორმაგ ზონდს, ვათავსებდით იზოლირებულ ოთახში, რომლის კედელში დატანებული ხვრელიდან ზონდის ორივე მილი გარეთ გამოგვექონდა. ერთი მათგანიდან ხდებოდა კუჭის წვევის ფრაქციული წესით ამოქაჩვა, მეორე ბლოს საშუალებით კი კუჭში მოთავსებული ბალონის გაბერვა 250 კუბ. სმ ჰაერით. სისხლს განმეორებით ვიღებდით კუჭში ბალონის გაბერვიდან ერთი საათის შემდეგ.

ლეიკოციტების რაოდენობრივი ცვლილებები კუჭის მექანიკურ გაღიზიანებამდე და მის შემდეგ მოცემულია პირველ ცხრილში, საიდანაც ირკვევა, რომ ჯანმრთელი ადამიანის კუჭის ლორწოვანის მექანიკური გაღიზიანების საპასუხოდ პერიფერიულ სისხლში ლეიკოციტების რიცხვი საგრძნობლად მატულობს.

დასკვნები

1. კუჭის ლორწოვანის მექანიკური გაღიზიანება იწვევს პერიფერიულ სისხლში ლეიკოციტურ რეაქციას ლეიკოციტოზის სახით, აღნიშნული რეაქცია ნეირო-რეფლექსური ხასიათისაა და კუჭის ლორწოვანის კოკინიზაციის შემდეგ ძლიერ სუსტდება;
2. ცთომილი ნერვის ფუნქციურ მდგომარეობას, მის ტონუსს კუჭის ინტეროცეპტორების გაღიზიანებით გამოწვეულ ლეიკოციტურ რეაქციაში წამყვანი მნიშვნელობა აქვს;
3. მედიკამენტური ძილისა და პირობითი რეფლექსური ძილის დროს კუჭის ინტეროცეპტორების გაღიზიანებით გამოწვეული ლეიკოციტური რეაქცია საგრძნობლად სუსტდება;
4. რაც უფრო ძლიერია გამღიზიანებელი და კუჭის რეცეპტორების რაც უფრო მეტ ნაწილს აღიზიანებს, მით უფრო ძლიერია ლეიკოციტოზის ხარისხი;
5. ჯანმრთელი ადამიანის კუჭის ლორწოვანის მექანიკური გაღიზიანებისას პერიფერიულ სისხლში ადგილი აქვს ლეიკოციტურ რეაქციას ლეიკოციტოზის სახით.

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

(რედაქციას მოუვიდა 22.3.1954)

დავითიშვილი ლიტერატურა

1. В. А. Бейер. К вопросу о центральной регуляции кроветворения. Клинич. медицина, № 9, 1950.
2. Г. С. Беленький. О роли нервной системы в регуляции морфологического состава периферической крови. Клинич. медиц. № 9, 1950.
3. Г. С. Беленький. Об условном пищевом лейкоцитозе. В книге „Нервно-гуморальные регуляции деятельности пищеварительного аппарата“. М., 1949.
4. С. П. Боткин. Клинические лекции. 1883/84, Спб., 1875.
5. Л. Я. Губергриц. Вегетативная регуляция белой крови. Киев, 1941.
6. С. К. Киселева. Условно-рефлекторные лейкоцитарные реакции периферической крови. Клинич. мед. № 9, 1951.
7. Е. М. Семеновская, О. Г. Чубинидзе, Ц. И. Абакелия. Влияние раздражения рецепторов 12-перстной кишки на состав периферической крови. Труды инст. экспер. и клин. хирургии и гематологии АН ГССР, т. IV, 1953.
8. В. Н. Черниговский, А. Я. Ярошевский. Влияние функционального состояния коры больших полушарий головного мозга на кровяное давление и систему крови. Журн. высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова, т. II, в. I, 1952.
9. А. Я. Ярошевский. Интероцептивные влияния на состав крови. Бюллетень эксперим. биологии и мед. № 9, 1949.
10. Г. А. Гзиришвили и Э. Ш. Кигურაძე. К вопросу лейкоцитоза, вызванного раздражением интероцепторов тонких кишок. Труды инст. экспер. и клин. хирургии и гематологии АН ГССР, т. IV, 1953.

მეცნიერების ისტორია

პ. ფირფილაშვილი

სამთავროს სამარკოვანში ბათონების შედგად მოპოვებული
 მასალეში ძვალთა სისტემის დაავადების შესწავლისათვის¹

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ერისთავმა 12.1.1954)

არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მოპოვებული ძვლოვანი მასალა წარსულში მხოლოდ ბიოლოგებსა და ანთროპოლოგებს აინტერესებდათ, მაგრამ შემდგომ ცხადი ვახდა, რომ ეს მასალა ძველ საუკუნეებში მცხოვრებ ადამიანთა სხვადასხვა დაავადების გამოვლინების შესაძლებლობასაც იძლევა. სწორედ ამიტომ, რომ იგი უკანასკნელი ათეული წლების განმავლობაში ბიოლოგების, ანთროპოლოგებისა და რენტგენოლოგების ღრმა შესწავლის ობიექტად გადაიქცა.

არქეოლოგიური ძვლოვანი მასალის შესწავლა განსაკუთრებით გააადვილა რენტგენის სხივების ფართოდ გამოყენებამ. შეიქმნა მეცნიერების ახალი დარგი—რენტგენოპალეპათოლოგია, რომელმაც თავის მხრივ წარმოშვა რენტგენოდავანოსტიკის ახალი დარგი—რენტგენოპალეანთროპოლოგია.

მეცნიერების ამ ახალმა დარგმა შესაძლებლობა მისცა რენტგენოლოგებს გარდასული დროის ადამიანთა ძვლების შესწავლით დაედგინათ ჩონჩხის ძვლების ასაკი და კონსტიტუციური თავისებურებანი, პათოლოგიური პროცესების სიძველე, სიხშირე, თავისებურებანი და მათი პათოგეოგრაფია, აგრეთვე ინვალიდობის ხანგრძლიობა, ხარისხი და უძველესი დროის საექიმო ტექნიკის მდგომარეობა. ზოგჯერ კი იგი მკვლევრებს შესაძლებლობას აძლევს დაადგინონ სათანადო ეპოქების შრომისა და ცხოვრების პირობებიც.

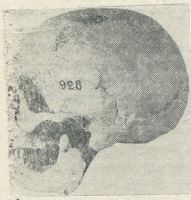
საბჭოთა კავშირში არქეოლოგიების მიერ მოპოვებული ძვლების რენტგენოლოგიურ შესწავლას 1933 წელს ჩაუყარეს საფუძველი საბჭოთა მეცნიერებმა როხლინმა, რუბაშევამ და სტროვანოვმა [1], რომლებმაც დაადასტურეს ზოგიერთი დაავადების სიძველე და სოციალური ხასიათი [2]. დასახელებულმა მეცნიერებმა თავიანთი გამოკვლევით დაადასტურეს, რომ ძველ საუკუნეებში იყო ისეთი სახის დაავადებანი, რომელთაც ახასიათებს როგორც ანთებადი, ისე დეგენერაციული ცვლილებები, სხვადასხვა სახის ავტამინოზები (რაქიტი), ტიპობრივი მეტატიფოზური სპონდილიტი, სიმისენეები და დისტროფიული ცვლილებები, ლუესი და ტუბერკულოზი. მათი მონაცემების თანახმად, ყოფილა სიმახინჯეები და სხვადასხვა სახის ტრავმული დაზიანებანი [3].

საქართველოში არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მოპოვებული ძვლოვანი მასალა რენტგენოპალეპათოლოგიური თვალსაზრისით დღემდე არავის შეუსწავლია, ეს კი საინტერესოა არა მარტო ქართული ხალხური მედიცინის

¹ 1953 წ. 16 აპრილს მოხსენდა საქართველოს ქირურგთა საზოგადოებას, 23 მაისს—სტუდენტთა სამეცნიერო კონფერენციას და 17 ივნისს—რენტგენოლოგთა საზოგადოებას.

ისტორიის თვალსაზრისით, არამედ პათოლოგანატომიური და რენტგენოლოგიური თვალსაზრისითაც.

ჩვენ შევეცადეთ შეგვესწავლა სამთავროს სამაროვანში მცხეთის არქეოლოგიური ექსპედიციის მიერ 1938—1940 და 1946—1948 წლებში მოპოვებული ძელოვანი მასალა, რომელიც შეიცავს 143 თავის ქალას⁽¹⁾ და 72 შეკვრას⁽²⁾. ძელების საერთო რიცხვი 683-ს უდრის. თავის მხრივ მასალის ნაკლოვანი მხარე ერთგვარ სიძნელეს ქმნის შესწავლის დროს ზოგიერთი საკითხის დადგენის საქმეში, როგორცაა, მაგალითად, ასაკის, სქესისა და კონსტიტუციის დადგენა. მიუხედავად ამისა, ჩვენ შესაძლებლად ვცანით მისი შესწავლა, ვინაიდან იგი ერთგვარ შუქს ჰყვანს ქართული ხალხური მედიცინის უძველეს წარსულს. შესწავლას ვაწარმოებდით საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრების პროფ. კ. ერისთავისა და პროფ. ა. ნათიშვილის, აგრეთვე პროფ. ა. კვალიაშვილის ხელმძღვანელობით. ქვემოთ ვიძლევიტ ცალკეული შემთხვევების აღწერასა და სათანადო დასკვნებს.



სურ. 1

I შემთხვევა. თავის ქალა № 928⁽³⁾, სამთავრო (მცხეთა), მოპოვებულია 1939 წ. ორმოსამარხ № 96-ში არქეოლოგ ივაშჩენკოს მიერ. ეკუთვნის ძვ. წ. X—IX ს⁽⁴⁾. მცხოვრებ მამაკაცს (სურ. 1). ქალა კარგადაა შენახული, აღდგენილია⁽⁵⁾, ნაკერები კარგადაა გამოხატული, ქალას ლატერალურ ზედაპირზე ჩანს ნაზხარი, რომელიც იწყება შუბლის ძვლის მარცხენა კიდიდან, შუბლის ძვალს კვეთს ფრონტალურ სიბრტყეში, გადადის მარჯვენა თხემის ძვალზე და მთავრდება უკან, კეფის ძვალზე. ზედა ყბაზე წინ აქვს ორი კბილი, ქვე-

დაზე—სამი. ქვედა ყბა ზედა ყბასთან დაკავშირებულია ზამბარისმაგვარი მავთულით. ქალას გარშემოწერილობა 535 მმ უდრის. მარცხენა თხემის ძვლის ზედა წილში შუბლის ძვლის მოსაზღვრედ აღინიშნება სადაკიდებიანი. თითქმის ოვალური ფორმის დეფექტი, რომლის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს სადაკიდებიანი წანაზარდებია (წვეტები), ერთიმეორის საპირისპიროდ. მარცხენა წვეტის სიგრძე ფუძიდან 5 მმ, მარჯვენასი კი 2,5 მმ უდრის. დეფექტის სიგრძე 28 მმ, სიგანე წვეტების წინ—25 მმ, წვეტებს შორის—17 მმ და წვეტებს უკან—20 მმ.

(1) აქედან 137 თავის ქალა პალეანთროპოლოგიური თვალსაზრისით შესწავლილია მ. აბდუშელიშვილის მიერ (იხ. [9]).

(2) ერთი შეკვრა ერთი პირთვენის ჩონჩხის ძელებია.

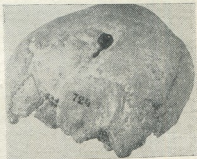
(3) აქაც და შემდგომაც იგულისხმება საინვენტარო ნომერი.

(4) თარიღების დადგენა აქაც და შემდგომაც ეკუთვნის არქეოლოგ ალ. კალანდაძეს.

(5) თავის ქალა № 928 და № 724 (იხ. II შემთხვევა) აღდგენილია საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ექსპერიმენტული მორფოლოგიის ინსტიტუტის მეცნიერ მუშაკების: პ. პეტროვის, მ. აბდუშელიშვილისა და კ. ჯანბერიძის მიერ.

დეფექტის ნაპირების ირგვლივ ალავ 10 მმ, ალავ 0,3 მმ მანძილზე მარცხენა თხემის ძვალი გათხლებულია და ცენტრის მიმართულებით ოდნავ დაქანებული. დეფექტის ნაპირების ფერი საერთო ფერისაგან არ განსხვავდება.

რენტგენოგრაფიაზე მარცხენა თხემის ძვლის მიდამოში აღინიშნება თითქმის ოვალური ფორმის დეფექტი, რომლის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს მოჩანს მცირე ზომის წვეტები; წვეტებისა და დეფექტის პერიფერიაზე რეაქტიული მოვლენებია. როგორც დეფექტის, ისე წვეტების ნაპირები სადაა და კომპაქტური შრით მთავრდება. აღინიშნება სკლეროზული ცვლილებებიც. გარდა ამისა, დეფექტის ქვემოთ ჩანს ნაბრალი, რომელიც შუბლის ძვალს კვეთს ფრონტალურ სიბრტყეში, გადადის თხემის ძვალზე და უკან მთავრდება კეფის ძვალზე. ეს უკანასკნელი დროთა განმავლობაში მომხდარი დაზიანების შედეგია.



სურ. 2

II შემთხვევა. თავის ქალა № 724 (სამთავრო), მოპოვებულია 1939 წელს ორმოსამარხ № 35-ში არქეოლოგ ალ. კალანდაძის მიერ. ექუთენის ძვ. წ. VII—VI-სს მცხოვრებ მამაკაცს (სურ. 2). თავის ქალა წარმოდგენილია შუბლის, თხემის (ორივე), კეფისა და საფეთქლის (ორივე) ძვლებით. იგი თოთხმეტადაა გატეხილი (ახლა აღდგენილია). თხემ-კეფის ნაკერი, სხვა ნაკერებთან შედარებით, კარგადაა გამოხატული. გარშემოწერილობა 540 მმ უდრის. მარცხენა თხემის ძვლის წინა ნაწილში საფეთქლის ძვლის ზემოთ აღინიშნება მსხლის ფორმის ძვლის დეფექტი, რომლის ფუძე მაღლაა მიქცეული, მწვერვალი კი ქვემოთ. დეფექტის სიმაღლე 26 მმ, სიგანე ალავ 15 მმ, ალავ 3,5 მმ. დეფექტის ირგვლივ მიდამო თხემის ძვლის საერთო ზედაპირიდან ოდნავ ძირსაა დაწეული, ამავე დროს დეფექტის კიდეების ფერი ქალას საერთო ფერისაგან არ განსხვავდება.

რენტგენოგრაფიაზე მარცხენა თხემის ძვლის მიდამოში ჩანს მსხლის ფორმის ძვლის დეფექტი (ფუძით ზემოთ, მწვერვალით ქვემოთ), საიდანაც სხვადასხვა მიმართულებით წარიმართებიან სუსტად გამოხატული ნაბზარები. წინა შემთხვევის მსგავსად დეფექტის ირგვლივ პერიფერიაზე აღინიშნება რეაქტიული მოვლენები, კიდეების სისადავე და კომპაქტური ფენით დაბოლოება. აღინიშნება სკლეროზული ცვლილებებიც.

აღწერილ თავის ქალებზე დეფექტების სურათი შეეძლო მოეცა: ოსტეომიელიტის, ლუესის, ტუბერკულოზის, ტრავმის ან ტრეპანაციას, რისთვისაც მიზანშეწონილად ვაგლით ჩამოთვლილი დაავადებების გამოორიცხვას.

1. ოსტეომიელიტის დროს რენტგენოლოგიურად იქნებოდა ნარჩენი მოვლენები: ძვლის დესტრუქცია სკლეროზული მოვლენებით და პეროოსტული ზედნადებებით, დესტრუქციული კერების კიდეთა უსწორმასწორობა, რასაც ჩვენ ვერც ერთ შემთხვევაში ვერ ვპოულობთ;

2. სიფილისის რენტგენოლოგიური სურათი ხასიათდება ძვლის კრატერისებრი დეფექტით, სადაც ძვლის დარღვევასთან ერთად ძვლოვანი წანაზარდები და რეაქტიული ოსტეოსკლეროზის მოვლენები გვაქვს (ტიპობრივი გუმოზური პერიოსტიტისა და ოსტიტის სახით), რასაც ჩვენს შემთხვევებში ადგილი არ აქვს;

3. ტუბერკულოზის შემთხვევაში რენტგენოგრაფიაზე გვექნებოდა ძვლის ზოგადი ოსტეოპოროზი არაორგანული მხარისების უკმარობის გამო. მაპერფორირებული ტუბერკულოზის დროს დეფექტის გარშემო—ძვლის ქსოვილის განლეული ზოლი, რომელიც ძვლის ნაკერებს არ სცილდება.

ვინაიდან ჩვენს შემთხვევებში აღნიშნულ ცვლილებებს ვერ ვამჩნევთ ტუბერკულოზის გამორიცხავსაც შესაძლებლად ვთვლით;

4. თავის ქალას ძვლების ტრავმული დაზიანების შემთხვევაში რენტგენოგრაფიაზე ვღებულობთ დეფექტს, რომლის ნაპირებიდან ირგვლივ სხივისებრად, ან ზიგზაგის მაგვარად კუთხით ერთმანეთისაკენ მიიმართება წვრილი, ვიწრო ნაბზარები¹. მსგავსი რენტგენოლოგიური სურათი გვაქვს II შემთხვევაში (იხ. თავის ქალა № 724), სადაც თხემის ძვლის დეფექტის მიდამოდან სხვადასხვა მიმართულებით წარმართებიან სუსტად გამოხატული ნაბზარები იმ განსხვავებით, რომ გარდა ამისა, დამატებით აღინიშნება დეფექტის პერიფერიაზე რეაქტიული მოვლენები, კიდეების სისადავე და კომპაქტური ფენით დაბოლოება. გვაქვს სკლეროზული ცვლილებებიც.

მაშასადამე, მეორე შემთხვევაში დეფექტი ტრავმის შედეგია, ხოლო განმასხვავებელი ნიშნები საშუალებას გვაძლევს ვიფიქროთ, რომ პიროვნებას ტრავმის შემდგომ (სათანადო ოპერაციული მკურნალობის შედეგად) რამდენიმე თვე და შესაძლოა წელიც უტოცხლია;

5. ტრეპანაციის შემდგომ, თუ პიროვნებას უტოცხლია გარკვეული დროის განმავლობაში, რენტგენოგრაფიაზე აღინიშნება დეფექტის კიდეებზე რეაქტიული ცვლილებები სადა ზედაპირით, რადგან იგი წარმოდგენილია კომპაქტური შრით. კარგად ჩანს აგრეთვე სკლეროზული (რეაქტიული) ცვლილებები, რაც იმის უტყუარი მოწმეა, რომ ავადმყოფს ოპერაციის შემდგომ თვეები და ზოგჯერ წლებიც უტოცხლია [3].

ამგვარად, ორივე შემთხვევაში თავის ქალას დეფექტების მაკროსკოპიული და რენტგენოლოგიური გამოკვლევით, აგრეთვე სხვა დაფუძნებებთან დიფერენციული დიაგნოზის გზით, ერთი მხრივ, ხოლო, მეორე მხრივ, ამ ორი შემთხვევის მაკროსკოპიული და რენტგენოლოგიური სურათების ურთიერთშედარებით დავარწმუნდით, რომ პირველი დეფექტი ტრეპანაციითაა მიღებული, ხოლო მეორე—ტრავმით. ამ უკანასკნელის მიმართ სიცოცხლეშივე დროული ოპერაციული დახმარებაა გაწეული. სწორედ ეს გარემოება საშუალებას გვაძლევს ვიფიქროთ, რომ ორივე შემთხვევაში მკურნალობის თვალსაზრისით ნაწარმოებია ოპერაციული ჩარევა, ვინაიდან, როგორც ცნობილია, თავის ქალას ტრეპანაციას რელიგიური მოსაზრებები ეპილეფსიისა და სხვა სახის კრუნჩხვების დროს [5] უძველესი დროიდან აკეთებდნენ ძველი ხალხები, მათ შორის ქართველებიც.

მართალია, დღემდე გამოცემულ ქართულ ხალხურ კარაბადინებში ტრეპანაციის წესი აღწერილი არ არის, მაგრამ ამ ნაკლოვანებას ჯერჯერობით ავ-

¹ ოთხივე შემთხვევაში იხ. [4].

სებს ნაწყვეტების სახით არსებული ქართული ხალხური, სამედიცინო ფოლკლორული მასალა. ფოლკლორულ მასალაში გადმონაშთის სახით არსებული ტრეპანაციის წესი აღწერილი აქვს ექიმ გ. თევდორაძეს ხევისურეთში 1927 წელს: „ჯერ დაზიანებულ ადგილას ქალას ბურღავდნენ სანახით (ტრეპანი)—წერს იგი—და შემდეგ ფხეკის საშუალებით კრიდნენ თავის ქალას. ფხეკენ ე. წ. ხოწით (სკალპელი).. იგი ორნაირი ფორმისაა... პირველის დანიშნულებაა ზევიდან ქალას ძვლის თანდათანობით ფხეკა, მეორესი კი — უკვე ამონაქერი ძვლის მახვილი კიდევების მობლაგვა, ანუ მოქლიბვა, რის გამოც ძვლის მოქლიბული პირები აღარ დაზიანებეს მაგარის, რბილისა და საცრის (ქსელისებური) მაგვარ გარსებს, როდესაც ტვინი ფეთქვას იწყებს კრილში“ [6].

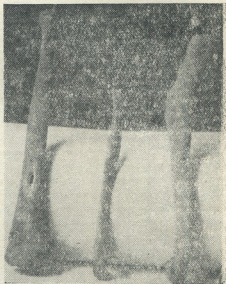
ამგვარად, აღნიშნული წესი ნათლად მიგვითითებს, რომ ჩვენ სახალხო დასტაქრებს სკოდნით ტრეპანაცია, ხოლო არქეოლოგიური მასალა ცხადყოფს ჩვენში ამ წესის არსებობის სიძველეს.

III შემთხვევა. მარჯვენა იდაყვის ძვალი № 1600 (სამთავრო). მოპოვებულია 1939 წელს კრამიტსამარხ № 158-ში არქეოლოგ ივაშჩენკოს მიერ. ძვალი ეკუთვნის I საუკუნეში (ჩვ. წელთაღრიცხვით) მცხოვრებ პირს (სურ. 3ბ). იდაყვის ძვლის ქვედა და შუა მესამედის საზღვარზე ძვალი შემსხვილებულია, რის გამოც ამ მიდამოში მისი გარშემოწერილობა 56 მმ უდრის. კორძის ზემოთ, სადაც იდაყვის ძვალი ცვლილებებს არ განიცდის, ძვლის გარშემოწერილობა 50 მმ, ხოლო კორძის ქვემოთ 45 მმ-ს უდრის.

რენტგენოგრაფიაზე ძვლის შუა და ქვედა მესამედის საზღვარზე აღინიშნება ირიბი მოტეხილობა, მოტეხილ ფრაგმენტებს შორის განვითარებულია საბოლოო კორძი.

აღნიშნული ძვალი იმის მაჩვენებელია, რომ მოტეხილობის მკურალობა სწორადაა ჩატარებული.

IV შემთხვევა. მარცხენა მხრის ძვალი № 2916 (სამთავრო). მოპოვებულია 1939 წელს ორმოსამარხ № 140-ში არქეოლოგ ალ. კალანდაძის მიერ. ძვალი ეკუთვნის ძვ. წ. XIII—IX სს. მცხოვრებ პირს (სურ. 3 გ). აღნიშნული ძვლის მეტაფიზური ნაწილი მოლუნულია ზემო ბოლოდან 16 სმ სიგრძეზე. ძვლის დორზალური ზედაპირი 23 მმ სიგანით, ხოლო სიგრძით 43 მმ-ზე ხორკლიანია. აღნიშნული ზოაკლოვანობა ლატერალურად უფრო კარგადაა გამოხატული.



ბ
სურ. 3

და ქედის სახითაა წარმოდგენილი. სიგანით 0,5 სმ-სა და სიგრძით 46 მმ-ზე ძელის წინა ზედაპირი ამ მიდამოში გაბრტყელებულია. მედიალური ზედაპირიდან გარეთ, წინ და ქვემოთ მიიმართება ქედისმაგვარი ძვლოვანი კორძის ნაშთი 70 მმ-ის სიგრძეზე, რის გამოც ძელის გარშემოწერილობა ამ მიდამოში ალავ 85, ალავ 90 მმ-ია.

რენტგენოგრაფიაზე მხრის ძვლის ზედა მესამედში ლატერალურად აღინიშნება ძვლის გამრუდება და შემსხვილება. ვფიქრობთ, აღნიშნული ცვლილებები ძველი მოტეხილობის ნაშთი უნდა იყოს.

საქართველოში მოტეხილობის მკურნალობის საქმე აღრიხიდანვე სწორად იყო დაყენებული. ამის შესახებ მოგვითხრობენ მოგვიანებითი ხანის წერილობითი ძეგლებიც. უძველეს ძეგლ „უსწორო კარაბადინში“ ნათქვამია: „თუ მოტეხილი იყოს ძვალი ფერხისა ანუ ხელისა, კარგად და ხეირიანად უნდა დაწყობა. ფერხისა ასრე უყავ, რომე ფერხისა ცერი ცურსა დაუპირისპირე და ერთმანეთსა მიუკარ, წააველ ხელი და დაუწყე მართვა, აგრეთვე ხელსა უყავ... და ზედა მავრა არტახი მოტეხილისაგან უფრო გრძელი უყავ, ასრე, რომე მოტეხილი დაიჭიროს, მთელხელა შეკოას. ოთხითა თითითა უფრო გრძელი უნდა მოტეხილისაგან და მწვედ არ უნდა მოკურა. ასრე უნდა, რომე სისხლი შიგ იარებოდეს, თვარა მოვარდების“ [7].

აღნიშნული ამონაწერიდან ნათლად ჩანს, თუ რამდენი უცნობი ქართული სახალხო მკურნალის პრაქტიკული გამოცდილება დაგროვებული საუკუნეების განმავლობაში მკურნალობის ამ პატარა წესში. იგი ზოგჯერ დღესაც თავის პრაქტიკულ და თეორიულ მნიშვნელობას ინარჩუნებს. ამიტომ, ჩვენი აზრით, იდაყვისა და მხრის ეს ძვალი ამ წესის შესრულების უტყუარი ნიმუშებია.

V შემთხვევა. მარჯვენა ბარძაყის ძვალი № 4703 (სამთავრო). მოპოვებულია 1946 წ. ქვის სამარხში არქეოლოგ ალ. კალანდაძის მიერ. ეკუთვნის ჩვენი წელთაღრიცხვის VI—V სს მცხოვრებ პირს (სურ. 4 ა). ბარძაყის ძვალი ძირითადად კარგადაა შენახული. მისი სიგრძე 50 სმ, გარშემოწერილობა ზემოთ საშუალოდ 10—11 სმ, ქვემოთ საშუალოდ 13—14 სმ. ბარძაყის ძვლის შუა მესამედში, მის წინა ზედაპირზე და ლატერალურად აღინიშნება ძვლის კორტიკალური შრის ატკეჩვა 16 სმ სიგრძეზე, რის გამოც ატკეჩვა ზედა მხრიდან დასაწყისში უშუალოდ დაკავშირებულია ძვალთან, ხოლო შემდეგ მიმართება ქვემოთ და ლატერალურად, სადაც ვადადის თავისუფალ კიდეში. ამრიგად იქმნება ღარი, რომლის სიგანე ყველგან თანაბარია.

რენტგენოგრაფიაზე ამ მიდამოში სხვა ცვლილებები ვერ ვნახეთ.

VI შემთხვევა. მარცხენა ბარძაყის ძვალი № 6740 (სამთავრო), მოპოვებულია 1948 წ. ორმისამარხ № 309-ში არქეოლოგ ალ. კალანდაძის მიერ. ეკუთვნის ძველი წელთაღრიცხვის VII—VI სს მცხოვრებ პირს (სურ. 5-ბ). ძვალი კარგად არის შენახული. მისი სიგრძე 50 სმ, გარშემოწერილობა ზემოთ საშუალოდ 10—11 სმ, ქვემოთ კი საშუალოდ 12—14 სმ უდრის.

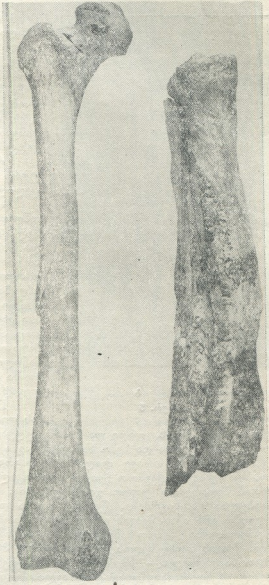
ბარძაყის ძვლის წინა ზედაპირზე ოდნავ ლატერალურად ემჩნევა ძვლის კორტიკალური შრის ატკეჩვა, რომლის ქვედა კიდეც თავისუფალია და ძვალს არ ეხება. ამგვარად, წინა შემთხვევისაგან განსხვავებით, იქმნება შედარებით ღრმა ღარი, რომლის სიგანე ყველგან თანაბარია, ხოლო სიღრმე ყველგან ერთნაირი როდია.

VII შემთხვევა. მარცხენა ბარძაყის ძვალი № 2064 (სამთავრო), მოპოვებულია 1940 წელს ქვის სამარხ № 217-ში არქეოლოგ ივაშენკოს მიერ. ძვალი ეკუთვნის ჩვენი წელთაღრიცხვის V—VIII სს მცხოვრებ პირს (სურ. 5-ა). მარცხენა ბარძაყის ძვლის შუა მესამედში წინა და გვერდითი მხრიდან აღინიშნება ძვლოვანი შემსხვილება, რომლის სიგრძე 10—10 სმ აღწევს, სიგანე 2—3 სმ. ამავე მიდამოში ძვლის დანარჩენი ნაწილები, გარდა აღნიშნუ-

ლისა, რენტგენოლოგიურად ცვლილებებს არ განიცდის, ძვლის საღ ნაწილსა და წარმონაქმნს შორის იქმნება ზერელე ღარი. ამგვარად, აღნიშნული შემთხვევა რენტგენოლოგიურად ცვლილება ორი შემთხვევის მსგავსია.

ზემოაღნიშნული სამი შემთხვევა, სადაც პირველ ორ შემთხვევაში გვაქვს მცირეოდენი გარეგანი ცვლილებები ძვალზე ატკეჩვის სახით, ხოლო ნესაბეში ძვლოვანი შემსხვილების სახით, ერთგვარ ინტერესს იწვევს იმის გამო, რომ სათანადო რენტგენოგრაფებზედაც სხვა ვერავითარ ცვლილებებს ვერ ვნახულობთ. ვფიქრობთ, სამივე შემთხვევა უნდა იყოს ბასრი იარაღით მიყენებული ქრილობის შედეგი, რომელიც სწორად ჩატარებული მკურნალობის შედეგად კეთილად განკურნებულა.

ჩვენი მოსაზრების სასარგებლოდ ლაპარაკობს ის წერილობითი, არაპირდაპირი ცნობებიც, რომლებიც გაფანტულია როგორც შშობლიურ, ისე უცხოურ ლიტერატურულ წყაროებში. მაგალითად, V ს. უკვდავ ქმნილებაში „წამებად წმინდისა შუშანიკისი“ ვარქსენისაგან ასტამით ნაცემ და განწამებ დედოფალს იაკობ ხუცესი საპატიმროში შემდეგს სთხოვს: „მიბრძანე და მოგზანო სისხლი ეგე პირსა შენსა და ნაცარი, რომელი თუალთა შენთა შთაცუეულ არს და სალბუნი და წამალი დაგდვა, რაათა, ჰე, ღამე თუ განიკურნო!“ [8]. მაშასადამე, ქრილობას ჯერ მოზანდინენ და ისე გაწმენდნენ, შემდეგ კი მალამოთი და წამლებით მკურნალობდნენ.

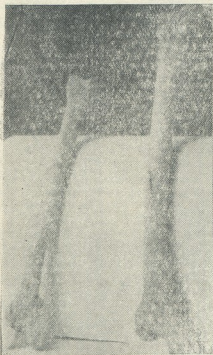


სურ. 4

არსებობს სხვა ლიტერატურული წყაროები, რომლებიც მიუთითებს, რომ ჩვენში წამლების მზადების საქმე ძველი დროისათვის საკმაოდ განვითარებული ყოფილა-



VIII შემთხვევა. მარცხენა წვივის დიდი ძვალი № 2064 (სამთავრო) მოპოვებულია 1940 წელს ქვის სამარხ № 217-ში არქეოლოგ ივანეშვილის მიერ.



ა

ბ

სურ. 5

ეკუთვნის ჩვენი წვლთაღრიცხვის V—VIII სს მცხოვრებ პირს (სურ. 3-ა). ძვალი კარგადაა შენახული. მისი სიგრძე 34 სმ, გარშემოწერილობა საშუალოდ ზემოთ 9—10 სმ, ქვემოთ კი 7—8 სმ უდრის. ძვლის ზედა მესამედში წინა ზედაპირზე არსებობს დეფექტი, რომელსაც ნახევარმთვარისებრი ფორმა აქვს. დეფექტის სიგრძე 15 მმ, სიგანე საშუალოდ 0,4 მმ უდრის. დეფექტის კიდეები სადაა და მონაცრისფრო.

რენტგენოგრაფიაზე ძვლის კომპაქტური ნივთიერება დეფექტის მიდამოში ცვლილებებს არ განიცდის.

ამ შემთხვევაში შეიძლება დავეყრდნოთ მოგვიანებითი ხანის ცნობას, რომელშიც ნათქვამია: „თუ ისარი ძვალზედა დამაგრებული იყოს შალაფითა, მისსა გარშემო შეფხეკა უნდა, რომე მოათართოვოს და აგრე გამოართვას“, შეიძლება ვიფიქროთ, რომ აღწერილი დეფექტი გამოწვეული უნდა იყოს წვეტიანი იარაღით და, შესაძლებელია, ისრითაც. ამ მოსაზრების სასარგებლოდ ლაპარაკობს მარჯვენა უსახელო ძვლის ის ნაწილი, რომელიც მოპოვებულია იყალთოში არქეოლოგიური გათხრების შედეგად (სურ. 6)¹.

IX შემთხვევა. მარჯვენა წვივის დიდი და მცირე ძვლები № 4703²

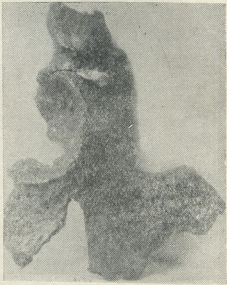
(სურ. 4 ბ). წვივის დიდი და მცირე ძვლები შუა მესამედს ქვემოთ ერთმანეთთან შეზრდილია და ზემო ნაწილებისაგან განსხვავდება როგორც ფერით, ისე დიამეტრით. ორივე ძვალი უხვად არის დაფარული ძვლოვანი ნადებებით, შუა მესამედს ქვემოთ წვივის დიდი ძვალი, გარდა იმისა, რომ ზემო ნახევართან შედარებით უფრო გასქელებულია, მის წინა ზედაპირზე დეფორმირებულია 9 სმ სიგრძეზე. წვივის დიდა და მცირე ძვლებს დისტალური ბოლოები არა აქვს. წვივის დიდი ძვლის ნარჩენი სიგრძე 36 სმ უდრის, გარშემოწერილობა ზემოთ საშუალოდ 16—17 სმ, შუაზე და მის ქვემოთ კი—18 სმ-ია. წვივის მცირე ძვლის ნარჩენი სიგრძე 36,5 სმ-ია, გარშემოწერილობა ზემოთ საშუალოდ 6—7 სმ, შუაზე და მის ქვემოთ 8,5—სმ-ია.

რენტგენოგრაფიაზე წვივის დიდი ძვლის ქვედა ნახევარი ტლანქ გასქელებას განიცდის. სპონგიოზური და კორტიკალური ფენას შორის საზღვარი წაშლილია. წვივის დიდი ძვლის დისტალური ნაწილში მედიალური მხრით აღინიშნება ტლანქად გამოხატული დენტრუქციული კერები ძვლის უსწორმასწორო კონტურით.

¹ მარჯვენა უსახელო ძვალი (X შემთხვევა) მოპოვებულია იყალთოში 1933 წ., ეკუთვნის ძვ. წ. VIII—IV სს მცხოვრებ პირს. ტაბუხის ფოსოს ქვედა სფერულის არეში აღინიშნება უცხო-სხეული ისრის პირის სახით, რომელიც ჩამჯდარია შიგ ძვალში.

² ეკუთვნის ჩვენ მიერ აღწერილ მეხუთე შემთხვევის ჩონჩხის ძვლებს.

წვივის მცირე ძვლის მთელ სიგრძეზე აღინიშნება საკმარისად ტლანქად გამოხატული პერიოსტალური ზედნადებები, რის გამოც აღნიშნული ძვლის დიამეტრი დისტალურ ნახევარში გაცილებით მომატებულია. წვივის ორივე ძვალი ქვედა ნაწილში ალაგ-ალაგ ერთმანეთთანაა შეზრდილი, ხოლო დისტალური ბოლოები არა ჩანს, რადგან დაშლილი პროცესისა და გაფხვიერების შედეგად სრულიად ჩამოცილებულია.



სურ. 6

აღწერილი მოვლენები გამოწვეული უნდა იყოს ოსტეომიელიტური პროცესით. ვფიქრობთ, რომ ეს პროცესი წვივის დიდი ძვლიდან დაიწყო და დროთა განმავლობაში წვივის მცირე ძვალზედაც გავრცელდა.

დასკვნები

სამთავროს სამაროვანის ძვლოვანი მასალის შესწავლის საფუძველზე შესაძლებელი გახდა გამოგვეთქვა მოსაზრება უძველეს დროში ზოგიერთი პათოლოგიური პროცესის არსებობისა და პრაქტიკაში გამოყენებული ზოგიერთი სამკურნალო მანიპულაციის შესახებ. აგრეთვე ფაქტობრივი მასალით მივიღეთ წარმოდგენა ტრავმულ დაზიანებებზე, რითაც შეიძლება ერთგვარი წარმოდგენა ვიქონიოთ ჩვენში ავადმყოფობის ხანგრძლიობის, ხასიათისა და ხარისხის შესახებ.

იგივე მასალა განსაზღვრულ წარმოდგენას იძლევა ქართველთა უძველესი საეპიზო ტექნიკის შესახებაც.

ქართული არქეოლოგიური ძვლოვანი მასალა მომავალში განსაკუთრებული კვლევის ღირსია. ამისათვის საჭიროა არქეოლოგებსა და ანთროპოლოგებთან ერთად გათხრებში ექიმებიც ლეზულობდნენ მონაწილეობას.

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

(რედაქციას მოუვიდა 12.1.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Д. Г. Рохлин. Рентгено-антропология. „Природа“, № 7, 1933.
2. Вестник рентгенологии и радиологии, т. XIX, М., 1939, стр. 171—185.
3. Вестник рентгенологии и радиологии, т. XIV, М., 1936, стр. 170, 174.
4. М. Б. Копылов. Основы нейрохирургической рентгенодиагностики М.—Л., 1940, стр. 59, 190—193.
5. იადიგარ დაუდი. თბილისი, 1938, გვ. 14.
6. გ. თევდორაძე. ხუთი წელი ფშავ-ხევსურეთში, წ. II, 1939, გვ. 97—100.
7. უსწორო კარაბაღიანი. თბილისი, 1940, გვ. 388—389.
8. ძველი ქართული ენა და ლიტერატურა. ქრესტომათია, შედგენილი ა. შანიძის, აღ. ბარამიძისა და ილ. აბულაძის მიერ. თბილისი, 1940, გვ. 7.
9. М. Г. Абдуселишвили. К палеантропологии Самтаврского могильника. Изд. АН ГССР. Тбилиси, 1954.



რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

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

ბელოწერილია დასაბეჭდად 24.9.1954 საალრიცხო-საგამომცემლო ფურცელი 6
ანაწყობის ზომა 7×11 საბეჭდი ფორმა 6,8
შეკვ. 733 შფ 05684 ტირაჟი 1000



ფანი 5 მან.

დ ა მ ტ ი ც ი ა ზ ე ლ ი ა

საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. პრეზიდიუმის მიერ
22.10.1947

დებულება „საქართველოს სსრ გენინერბათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გამოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), გარდა ივლის-აგვისტოს თვისა — ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 5 ბეჭდური თბახის მოცულობით თითოეული. ერთი წლის ყველა ნაკვეთი (სულ 10 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.
5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს. არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ საკვებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ეურნალის 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 დასახლება წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ჩაწევები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენებზე დასახლება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის შემთხვევაში რედაქცია უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა, ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 50 ამონაბეჭდი (25 ამონაბეჭდი თითოეული გამოცემიდან) და თითო ცალი „მოამბის“ ნაკვეთებისა, რომლებშიც მისი წერილია მოთხეზული.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძეგლისძის ქ., 8

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XV, № 8, 1954

Основное, грузинское издание