

524
1954/2



~~საქართველოს სსრ~~

(39)

საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მთაბბე

12

გომი XV, № 1

ბიბლიოთეკის, ქართული განყოფილება

1954

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

Handwritten notes in the top left corner, including the number '25' and some illegible scribbles.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

ბათმიბატიკა

- 1. ი. ვეკუა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი). გარსთა თეორიის სასახლოვრო ამოცანების ამოხსნის შესახებ 3
- 2. თ. ებანოიძე. ერთი კლასის არაწრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა შესახებ 7

ბიოქიმიკა

- 3. ე. კლდინი. გლუტამინის შეყვას ქანგვითი დეზამინირება და მისი რაოდენობითი განწილება თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში 13

ბიოგრაფია

- 4. დ. უკლება. „მეორე აბტალის“ ტალახის ვულკანის შესახებ 21

ენიკბიტიკა

- 5. ვ. შენგელია. მდინარეთა პოტენციალური ენერჯიის მარაგის დადგენისა და მისი გამოყენების საკითხისათვის 25

მეტალურგია

- 6. რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი) და ე. მოხოვი. შანგანუმის სპილენძთან შენადნობის შესწავლა 33

ფიზიოლოგია

- 7. ა. როიტბაკი. დაუნარკოზებელი კატის თავის ტვინის დიდი ჰემისფეროების ჭერქის ბიოელექტრული ენჯეტები ბგერით გაღიზიანებებზე 41

არბიოლოგია

- 8. ი. გძელიშვილი. ყორღანი თრიალეთში 49

ხელოვნების ისტორია

- 9. გ. გაფრინდაშვილი. ვარძიის ჭვებთა გეგმარების ტოპოლოგიისათვის 57

საქართველოს
საბჭოთავო
მეცნიერებათა
აკადემია

524 / 2
1954 / 2

საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
მ თ ა მ ბ ე

ტომი XV

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1954



საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი



მათემატიკა

0. ვეკუა

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი

ბარსთა თეორიის სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნის შესახებ

ამჟამად კარგადაა შესწავლილი ფირფიტის წონასწორობის როგორც ძირითადი, ისე შერეული ტიპის სასაზღვრო ამოცანები. მაგრამ ნებისმიერი პროფილის დრეკადი გარსების სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნის მეთოდები ჯერჯერობით არასაკმაოდ დაძველებული. ქვევით ჩვენ ვუჩვენებთ ამ ამოცანების ამოხსნის ერთ ხერხს, რომელიც იძლევა საშუალებას არა მარტო არსებობის თეორემების დამტკიცებისას¹, არამედ შეიძლება გამოდგეს აგრეთვე როგორც კონსტრუქტიული გზა მიახლოებითი ამოხსნების მისაღებად. თუ გავუვებით ამ ხერხს, გარსთა თეორიის სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნა შეიძლება დავიყვანოთ ბრტყელი დრეკადობის თეორიისა და ბიპარამონიული განტოლების სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნამდე.

თუ გარსის შუა ზედაპირზე ავიღებთ მრუდთა რაიმე იზომეტრიკულ ბადეს, მაშინ გარსის წონასწორობის ძირითადი დიფერენციალური განტოლებანი გადაადგილების ვექტორის კომპონენტებში შეიძლება ჩაიწეროს ასე (იხ., მაგ. [2]):

$$\mu \Delta u + (\lambda^* + \mu) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + H_1(u, u_x, u_y, v, v_x, v_y, w, w_x, w_y) = X_1,$$

$$\mu \Delta v + (\lambda^* + \mu) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + H_2(u, u_x, u_y, v, v_x, v_y, w, w_x, w_y) = X_2, \quad (1)$$

$$D \Delta \Delta w + H(u, u_x, u_y, v, v_x, v_y, w, w_x, w_y, w_{xx}, w_{yy}, w_{xy}, \Delta w_x, \Delta w_y) = Z,$$

სადაც H_1 , H_2 და H თავიანთი არგუმენტების წრფივი ერთგვაროვანი ფუნქციებია, რომელთა კოეფიციენტები, საზოგადოდ, დამოკიდებული არიან გარსის შუა ზედაპირის წერტილების კოორდინატებზე, X_1 , X_2 , Z მოცემული ფუნქციებია, რომელნიც გამოცხადებიან გარსზე მოდებული გარე ძალების საშუალებით; Δ ლაპლასის ოპერატორია დეკარტის კოორდინატებში, λ^* , μ , D — დრეკადი მუდმივები.

¹ გარსთა თეორიის სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნის არსებობის თეორემების დამტკიცება შეიძლება აგრეთვე ფუნქციონალური ანალიზის მეთოდების დახმარებით. ამ გზით ცილინდრული გარსებისათვის სასაზღვრო ამოცანები შესწავლილია ს. ტერსენოვის საკანდიდატო დისერტაციაში [3]. დამრეცი გარსების წონასწორობის ამოცანები განხილულია ვ. ძღენტის შრომაში [4].

ფირფიტის შემთხვევაში $H_1 \equiv H_2 \equiv H \equiv 0$ და (1) განტოლებათა სისტემა დაიშლება განტოლებათა ორ ჯგუფად:

$$\begin{aligned} \mu \Delta u + (\lambda^* + \mu) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) &= X_1, \\ \mu \Delta v + (\lambda^* + \mu) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) &= X_2, \end{aligned} \quad (2)$$

$$D \Delta \Delta w = Z. \quad (3)$$

(2) განტოლებანი შეადგენენ განზოგადებული ბრტყელი დაძაბული მდგომარეობის განტოლებათა სისტემას (იხ., მაგალითად, [1], § 26), ხოლო განტოლება (3) ფირფიტის ლუნვის განტოლებაა.

(1) სისტემას ემატება კიდევ სასაზღვრო პირობები. გარკვეულობისათვის ჩვენ დავკმაყოფილებით დამაგრებული კიდეებიანი გარსის სასაზღვრო ამოცანის შესწავლით. მაშინ $\zeta = x + iy$ სიბრტყეზე გარსის შუა ზედაპირის შესაბამისი T არის L საზღვარზე გვექნება პირობები:

$$u = v = w = \frac{dw}{dn} = 0, \quad (4)$$

სადაც n ნორმალაა L კონტურისა.

ამოცანას (1) განტოლებათა სისტემის T არეში ამოხსნის მოძებნისა, რომელიც (4) სასაზღვრო პირობებს აკმაყოფილებს, დავარქმევთ შემდეგში A ამოცანას. შესაბამის სასაზღვრო ამოცანას ფირფიტისათვის, ე. ი. (2) და (3) განტოლებათა სისტემისათვის, ვუწოდოთ A_* ამოცანა. მათ შესაბამის ერთგვაროვან ამოცანებს ვუწოდოთ $\overset{\circ}{A}$ და $\overset{\circ}{A}_*$ ამოცანები შესაბამისად.

ცნობილია, რომ 1) A_* ამოცანა, ე. ი. სასაზღვრო ამოცანა ფირფიტისათვის ამოხსნილია და აქვს ერთადერთი ამოხსნა და 2) ერთგვაროვან $\overset{\circ}{A}$ ამოცანას ნებისმიერი პროფილის გარსისათვის არ შეიძლება ჰქონდეს ამოხსნა გარდა ტრივიალურისა

$$u = v = w = 0.$$

იგულისხმება, რომ არის კონტური და ამოცანის სხვა მონაცემები აკმაყოფილებენ პირობებს, რომელნიც უზრუნველყოფენ A_* ამოცანის ამოხსნის არსებობასა და ერთადერთობას.

A_* ამოცანის ამოხსნა შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ასე:

$$\begin{aligned} u(x, y) &= \iint_T [K_{11}(x, y, \xi, \eta) X_1(\xi, \eta) + K_{12}(x, y, \xi, \eta) X_2(\xi, \eta)] d\xi d\eta, \\ v(x, y) &= \iint_T [K_{21}(x, y, \xi, \eta) X_1(\xi, \eta) + K_{22}(x, y, \xi, \eta) X_2(\xi, \eta)] d\xi d\eta, \\ w(x, y) &= \iint_T K(x, y, \xi, \eta) Z(\xi, \eta) d\xi d\eta. \end{aligned} \quad (5)$$

$K_{ij}(x, y, \xi, \eta)$ და $K(x, y, \xi, \eta)$ ფუნქციების ასაგებად საჭიროა ამოიხსნას ბრტყელი დრეკადობის თეორიის და ბიჰარმონიული განტოლების გარკვეული სასაზღვრო ამოცანები, რომელნიც ამჟამად კარგად არიან შესწავლილი [1]- აღენიშნოთ, რომ წრიული არისათვის ეს ფუნქციები შეიძლება ავაგოთ ცხადი სახით (იხ. [1], § 80). ეს გარემოება მნიშვნელოვანია იმ მხრივ, რომ მართივადბმული არის შემთხვევაში გამოსავალი A ამოცანა ყოველთვის შეიძლება მივიყვანოთ ანალოგიურ ამოცანამდე წრიული არისათვის კონფორმული გადასახვის მეშვეობით; როგორც ცნობილია, კონფორმული გარდაქმნისას მრუდთა იზომეტრიკული ბადე ზედაპირზე გადადის ისევ რზომეტრიკულ ბადეში.

თანახმად (5)-ისა (1) სისტემის ამოხსნა (4) პირობების დაცვით დააკმაყოფილებს შემდეგ ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას:

$$\begin{aligned}
 u(x, y) &= \iint_T [K_{11}(x, y, \xi, \eta) (X_1(\xi, \eta) - H_1(u, u_\xi, \dots)) + K_{12}(X_2 - H_2)] d\xi d\eta, \\
 v(x, y) &= \iint_T [K_{21}(x, y, \xi, \eta) (X_1(\xi, \eta) - H_1(u, u_\xi, \dots)) + K_{22}(X_2 - H_2)] d\xi d\eta, \\
 w(x, y) &= \iint_T K(x, y, \xi, \eta) [Z(\xi, \eta) - H(u, u_\xi, \dots)] d\xi d\eta.
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

ამ სისტემის ამოხსნა, ცხადია, ეკვივალენტურია A ამოცანის ამოხსნისა. განტოლებათა (6) ინტეგრო-დიფერენციალური სისტემა, თუ მას გავაწირობოვებთ x და y -ით რამდენჯერმე, ადვილად შეიძლება მივიყვანოთ წრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემაზე საძიებელი u, v, w ფუნქციებისა და მათი კერძო წარმოებულებისათვის $u_x, u_y, v_x, v_y, w_x, w_y, w_{xx}, w_{xy}, w_{yy}, \Delta u_x, \Delta u_y$, რომელნიც გვხვდებიან ინტეგრალების ნიშნების ქვეშ (6) ტოლობათა მარჯვენა მხარეებში. ამ ტოლობებში გაწარმოებანი ზემოაღნიშნულ რიგამდე შეიძლება მოვახდინოთ ინტეგრალების ნიშნების ქვეშ. რადგან $K_{ij}(x, y, \xi, \eta)$ ფუნქციებს აქვთ განსაკუთრებულება $\lg r$ რივისა, ხოლო $K(x, y, \xi, \eta)$ -ს — განსაკუთრებულება $r^2 \lg r$ სახისა, ამიტომ აღნიშნულ გაწარმოებათა შედეგად ჩვენ მივიღებთ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას, რომლის მიმართ გამოიყენება ფრედჰოლმის თეორია. ინტეგრალურ განტოლებათა მიღებული სისტემა ეკვივალენტურია A ამოცანისა და ამოხსნადია, რადგან შესაბამის ერთგვაროვან სისტემას არა აქვს ამოხსნა. ეს გამომდინარეობს იქიდან, რომ აღნიშნული ერთგვაროვანი სისტემა ეკვივალენტურია ერთგვაროვანი სასაზღვრო A ამოცანისა, რომელსაც აქვს მხოლოდ ტრივიალური ამოხსნა

$$u = v = w = 0.$$

ძნელი არაა ახლა დავრწმუნდეთ იმაში, რომ საკმაოდ დამრეცი გარსებისათვის მიღებული ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემა შეიძლება ამოიხსნას მიმდევრობითი მიახლოებების ხერხით. მნიშვნელოვანია ის, რომ ყოველი მიახლოება წარმოადგენს შესაბამისი სასაზღვრო ამოცანის

ამოხსნას (2) და (3) განტოლებათა სისტემისათვის; ეს მიახლოებანი აიგებიან ძალიან მარტივი სქემის მიხედვით: n -ური მიახლოებებიდან $n+1$ -ზე გადასვლისას იცვლებიან მხოლოდ (2) და (3) განტოლებათა მარჯვენა მხარეები. მაშასადამე, ყოველი მიახლოება აიგება (5) ფორმულების მიხედვით. ამავე დროს არაა ძნელი დავრწმუნდეთ, რომ საკმაოდ დამრეცი გარსებისათვის ზემოაღწერილი პროცესი მიმდევრობითი მიახლოებებისა ძალიან სწრაფად იკრიბება.

ამრიგად, ზემოთ მოყვანილი მეთოდი საშუალებას გვაძლევს გარსთათვორიის სასაზღვრო ამოცანები დავიყვანოთ ბრტყელი დრეკადობის თეორიისა და ბიპარმონული განტოლებების სასაზღვრო ამოცანებამდე, რომელნიც რიგ შემთხვევებში ამოხსნილი არიან ეფექტურად [1].

აღნიშნული მეთოდი ჩვენ დავასაბუთეთ ზემოთ მხოლოდ დამაგრებული კიდეურებიანი გარსის სასაზღვრო ამოცანის მაგალითზე. ძნელი არაა დავრწმუნდეთ, რომ ეს მეთოდი უცვლელად გამოიყენება გარსების მთელ რიგ სხვა ამოცანათა შემთხვევაშიც, თუ ორ სასაზღვრო პირობაში შევლენ მხოლოდ n და n , ხოლო დანარჩენ ორში—მხოლოდ n . მაგრამ მეთოდი შეიძლება განზოგადებულ იქნეს ისეთ სასაზღვრო ამოცანებზედაც, როდესაც საძიებელი n , n , n ფუნქციები ერთდროულად შედიან ყველა სასაზღვრო პირობებში. ეს საკითხი შესწავლილი იქნება სხვა შრომაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3.12.1953)

დაამუშავებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Москва, 1949.
2. И. Н. Векуа. К теории упругих оболочек. ДАН СССР, т. XVIII, № 3, 1949, стр. 453—455.
3. С. А. Терсенов. Колебание пологих цилиндрических оболочек. Автореферат диссертации, Тбилиси, 1952.
4. В. С. Жгенти. Применение функционального анализа в теории пологих тонких упругих оболочек. ДАН СССР, т. ХСІ, № 2, 1953, стр. 217—219.



თ. მბანოიძე

ერთი კლასის არაწრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 8.11.1953)

წინამდებარე სტატიაში მტკიცდება არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები გარკვეული სახის არაწრფივი ინტეგრალური განტოლებებისათვის. ეს თეორემები წარმოადგენენ ო. ჟენხენის ერთი შედეგის [1] განზოგადებას.

თეორემა 1. თუ

1. ფუნქცია $f(x_1, \dots, x_n, z) \in L_p$ ($p > 1$), როცა $z(x_1, x_2, \dots, x_n) \in L_p$ ($p > 1$), $a \equiv x_i \equiv b$, $i = 1, \dots, n$ და აკმაყოფილებს z ცვლადის მიმართ ლიპშიციის პირობას:

$$|f(x_1, x_2, \dots, x_n, z_1) - f(x_1, x_2, \dots, x_n, z_2)| \leq N |z_1 - z_2|; \quad (1)$$

2. ფუნქცია

$$\int_a^b \dots \int_a^b K(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n, y) dt_1 \dots dt_n \in L_p$$
 ($p > 1$), როცა

$$y(t_1, t_2, \dots, t_n) \in L_p$$
 ($p > 1$), $a \equiv x_i \equiv b$, $i = 1, \dots, n$

და K აკმაყოფილებს პირობას

$$|K(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n, y_1) - K(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n, y_2)| \leq g(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n) |y_1 - y_2|, \quad (2)$$

სადაც $g(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n)$ მოცემული ნებისმიერი არაუარყოფითი ფუნქციაა, ისეთი, რომ

$$\int_a^b \dots \int_a^b \left[\int_a^b \dots \int_a^b |g(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n)|^{\frac{p}{p-1}} dt_1 \dots dt_n \right]^{p-1} dx_1 \dots dx_n < \infty,$$

მაშინ განტოლებას

$$y(x_1, \dots, x_n) = f(x_1, \dots, x_n, \lambda \int_a^b \dots \int_a^b K(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n, y(t_1, \dots, t_n)) dt_1, \dots, dt_n) \quad (3)$$

აქვს ერთადერთი ამოხსნა

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) \in L_p$$
 ($p > 1$), $a \equiv x_i \equiv b$, $i = 1, \dots, n$.

როცა

$$|\lambda| < \frac{1}{N_1}, \quad N_1 = N \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b \int_a^b \cdots \int_a^b |g(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n)|^{p-1} dt_1 \dots dt_n \right\}^{p-1} dx_1 \dots dx_n \quad (4)$$

დამტკიცება. სიმრავლეზე $\{\varphi\}$, $\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) \in L_p$ ($p > 1$), $a \leq x_i \leq b$, $i=1, 2, \dots, n$, განესაზღვროთ ოპერატორი

$$A(\varphi) = f(x_1, \dots, x_n, \lambda \int_a^b \cdots \int_a^b K(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n, \varphi(t_1, \dots, t_n)) dt_1 \dots dt_n).$$

(ცხადია, $A(\varphi) \in L_p$ ($p > 1$). ავიღოთ ნებისმიერი $\varphi_1, \varphi_2 \in \{\varphi\}$. მაშინ (1) და (2) პირობების ძალით მივიღებთ

$$\begin{aligned} & \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b |A(\varphi_1) - A(\varphi_2)|^p dx_1 \dots dx_n \right\}^{\frac{1}{p}} \\ &= \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b \left| f(x_1, \dots, x_n, \lambda \int_a^b \cdots \int_a^b K(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n, \varphi_1(t_1, \dots, t_n)) dt_1 \dots dt_n) \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - f(x_1, \dots, x_n, \lambda \int_a^b \cdots \int_a^b K(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n, \varphi_2(t_1, \dots, t_n)) dt_1 \dots dt_n) \right|^p dx_1 \dots dx_n \right\}^{\frac{1}{p}} \\ & \equiv |\lambda| N \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b \left(\int_a^b \cdots \int_a^b |K(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n, \varphi_1) \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - K(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n, \varphi_2) | dt_1 \dots dt_n \right)^p dx_1 \dots dx_n \right\}^{\frac{1}{p}} \\ & \equiv |\lambda| N \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b \left(\int_a^b \cdots \int_a^b |g(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n)| \varphi_1(t_1, \dots, t_n) \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - \varphi_2(t_1, \dots, t_n) | dt_1 \dots dt_n \right)^p dx_1 \dots dx_n \right\}^{\frac{1}{p}}. \end{aligned}$$

აქედან, თუ ვისარგებლებთ ჰელდერის უტოლობით, გვექნება

$$\begin{aligned} & \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b |A(\varphi_1) - A(\varphi_2)|^p dx_1 \dots dx_n \right\}^{\frac{1}{p}} \equiv \alpha \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b |\varphi_1(t_1, \dots, t_n) \right. \\ & \quad \left. - \varphi_2(t_1, \dots, t_n)|^p dt_1 \dots dt_n \right\}^{\frac{1}{p}}, \end{aligned}$$

სადაც

$$\alpha = |\lambda| N \left\{ \int_a^b \cdots \int_a^b \left(\int_a^b \cdots \int_a^b |g(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n)|^{p-1} dt_1 \dots dt_n \right)^{p-1} dx_1 \dots dx_n \right\}^{\frac{1}{p}}.$$

მაგრამ, (4)-ს ძალით, გვაქვს $0 < \alpha < 1$.მაშასადამე, A კუმშვის ოპერატორია და კაჩოპოლი-ბანახის პრინციპის თანახმად (3) განტოლებას აქვს ერთადერთი ამოხსნა.

განვიხილოთ ახლა სისტემა

$$y_i(x) = f_i \left(x, \lambda \int_a^b K_{i1}(x, t, y_1, \dots, y_n) dt, \dots, \lambda \int_a^b K_{in}(x, t, y_1, \dots, y_n) dt \right), \quad (5)$$

$i=1, 2, \dots, n.$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნებს

$$z_{ij} = \lambda \int_a^b K_{ij}(x, t, y_1, \dots, y_n) dt, \quad i, j=1, \dots, n,$$

(5) სისტემა მიიღებს სახეს

$$y_i(x) = f_i(x, z_{i1}, \dots, z_{in}), \quad i=1, \dots, n. \quad (6)$$

თეორემა 2. თუ

1) $f_i(x, z_{i1}, \dots, z_{in})$ ($i=1, \dots, n$) ფუნქციები უწყვეტია, როცა $a \leq x \leq b$, $-\infty < z_{i1}, \dots, z_{in} < +\infty$ და აკმაყოფილებენ ლიპშიცის პირობას z_{ij} ($i, j=1, \dots, n$) ცვლადების მიმართ:

$$|f_i(x, z_{i1}^{(1)}, \dots, z_{in}^{(1)}) - f_i(x, z_{i1}^{(2)}, \dots, z_{in}^{(2)})| \leq N_i \sum_{j=1}^n |z_{ij}^{(1)} - z_{ij}^{(2)}|; \quad (7)$$

$i=1, \dots, n;$

2) $K_{ij}(x, t, y_1, \dots, y_n)$ ($i, j=1, \dots, n$) ფუნქციები უწყვეტია, როცა $a \leq x \leq b$, $-\infty < y_1, \dots, y_n < +\infty$ და y_1, \dots, y_n ცვლადების მიმართ აკმაყოფილებენ პირობას

$$|K_{ij}(x, t, y_1^{(1)}, \dots, y_n^{(1)}) - K_{ij}(x, t, y_1^{(2)}, \dots, y_n^{(2)})| \leq g(t) \sum_{k=1}^n |y_k^{(1)} - y_k^{(2)}|, \quad (8)$$

$i, j=1, \dots, n,$

სადაც $g(t)$ მოცემული ნებისმიერი არაუარყოფითი ინტეგრებადი ფუნქციაა სეგმენტზე $a \leq x \leq b$; მაშინ (5) სისტემას აქვს ერთადერთი ამოხსნა, როცა

$$|\lambda| < \frac{1}{N}, \quad N = n \sum_{i=1}^n N_i \int_a^b g(t) dt. \quad (9)$$

თუმცა მე-2 თეორემის დამტკიცება ანალოგიურია ენხენის თეორემის [1] დამტკიცებისა, ჩვენ კითხვის გასაადვილებლად მაინც მოვიყვანთ დამტკიცე-

ბას თეორემის ძირითადი უტოლობისას, რომლის დახმარებით, ისევე როგორც ჟენენის ხსენებული თეორემის შემთხვევაში, საკითხი ადვილად მიიყვანება კარგად ცნობილ უძრავი წერტილის პრინციპზე (იხ., მაგალითად, [2]).

დამტკიცება. $a \equiv x \equiv b$ სეგმენტზე უწყვეტ ფუნქციათა სიმრავლეზე განესაზღვროთ ოპერატორები

$$A_i(\varphi) = f_i \left(x, \lambda \int_a^b K_{i1}(x, t, \varphi_1, \dots, \varphi_n) dt, \dots, \lambda \int_a^b K_{in}(x, t, \varphi_1, \dots, \varphi_n) dt \right),$$

$$i = 1, \dots, n.$$

თეორემის პირობებში, აშკარაა, რომ $A_i(\varphi)$ ($i = 1, \dots, n$) ოპერატორები უწყვეტი იქნებიან. ფუნქციათა ნებისმიერი ორი φ_1 ($\varphi_1^{(1)}, \dots, \varphi_n^{(1)}$) და φ_2 ($\varphi_1^{(2)}, \dots, \varphi_n^{(2)}$) სისტემისათვის, (7) და (8) პირობების გამო გვექნება

$$\begin{aligned} |A_i(\varphi_1) - A_i(\varphi_2)| &= \left| f_i \left(x, \lambda \int_a^b K_{i1}(x, t, \varphi_1^{(1)}, \dots, \varphi_n^{(1)}) dt, \dots, \lambda \int_a^b K_{in}(x, t, \varphi_1^{(1)}, \dots, \varphi_n^{(1)}) dt \right) \right. \\ &\quad \left. - f_i \left(x, \lambda \int_a^b K_{i1}(x, t, \varphi_1^{(2)}, \dots, \varphi_n^{(2)}) dt, \dots, \lambda \int_a^b K_{in}(x, t, \varphi_1^{(2)}, \dots, \varphi_n^{(2)}) dt \right) \right| \\ &\equiv N_i \sum_{j=1}^n \left| \lambda \int_a^b K_{ij}(x, t, \varphi_1^{(1)}, \dots, \varphi_n^{(1)}) dt - \lambda \int_a^b K_{ij}(x, t, \varphi_1^{(2)}, \dots, \varphi_n^{(2)}) dt \right| \\ &\equiv N_i |\lambda| \sum_{j=1}^n \int_a^b |K_{ij}(x, t, \varphi_1^{(1)}, \dots, \varphi_n^{(1)}) - K_{ij}(x, t, \varphi_1^{(2)}, \dots, \varphi_n^{(2)})| dt \\ &\equiv |\lambda| N_i \sum_{j=1}^n \int_a^b g(t) dt \sum_{k=1}^n |\varphi_k^{(1)} - \varphi_k^{(2)}| dt \\ &\equiv |\lambda| N_i \cdot n \int_a^b g(t) dt \sum_{k=1}^n \max |\varphi_k^{(1)} - \varphi_k^{(2)}|. \end{aligned}$$

აქედან

$$\max |A_i(\varphi_1) - A_i(\varphi_2)| \equiv |\lambda| n N_i \int_a^b g(t) dt \cdot \sum_{k=1}^n \max |\varphi_k^{(1)} - \varphi_k^{(2)}|.$$

ამიტომ

$$\sum_{i=1}^n \max (A_i(\varphi_1) - A_i(\varphi_2)) \equiv |\lambda| n \sum_{i=1}^n N_i \int_a^b g(t) dt \sum_{k=1}^n \max |\varphi_k^{(1)} - \varphi_k^{(2)}|.$$

ახლა შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$m = |\lambda| \cdot N.$$

მაშინ

$$\sum_{i=1}^n \max |A_i(\varphi_1) - A_i(\varphi_2)| \equiv m \sum_{i=1}^n \max |\varphi_i^{(1)} - \varphi_i^{(2)}|.$$

(9)-ს ძალით $m < 1$. ამიტომ, თუ გამოვიყენებთ უძრავი წერტილის პრინციპს ოპერატორულ განტოლებათა სისტემებისათვის, დავრწმუნდებით, რომ (6) სისტემას აქვს ერთადერთი ამოხსნა.

თუ, კერძოდ, $n=1$ და $g(t) = \text{const}$, მე-2 თეორემიდან გამომდინარეობს [1] თეორემა.

ახლა განვიხილოთ ერთი მაგალითი.

ვთქვათ, მოცემულია არაწრფივი ინტეგრალური განტოლება

$$y(x) = f\left(x, \lambda \int_a^b K(x, t, y(t)) dt\right),$$

$$a \equiv x \equiv b,$$

$$K(x, t, y) \equiv K_1(x, t, y)(t-a)^\alpha \sin \frac{y}{(t-a)^\beta} + K_2(x, t, y),$$

სადაც f, K_1 და K_2 ფუნქციები აკმაყოფილებენ ენხენის თეორემის პირობებს, α და β ნებისმიერი დადებითი რიცხვებია, $\alpha \equiv \beta < \alpha + 1$.

ადვილი სანახავია, რომ $K(x, t, y)$ ფუნქცია არ აკმაყოფილებს ენხენის თეორემის პირობებს, მაგრამ აკმაყოფილებს ჩვენი მე-2 თეორემის პირობებს. მართლაც, ცხადია, რომ $K(x, t, y)$ უწყვეტია და, ამას გარდა, გვაქვს:

$$\begin{aligned} K(x, t, y_1) - K(x, t, y_2) &= K_1(x, t, y_1)(t-a)^\alpha \sin \frac{y_1}{(t-a)^\beta} + K_2(x, t, y_1) \\ &\quad - K_1(x, t, y_2)(t-a)^\alpha \sin \frac{y_2}{(t-a)^\beta} - K_2(x, t, y_2) \\ &= K_1(x, t, y_1)(t-a)^\alpha \left[\sin \frac{y_1}{(t-a)^\beta} - \sin \frac{y_2}{(t-a)^\beta} \right] \\ &\quad + (t-a)^\alpha \sin \frac{y_2}{(t-a)^\beta} [K_1(x, t, y_1) - K_1(x, t, y_2)] \\ &\quad + [K_2(x, t, y_1) - K_2(x, t, y_2)]. \end{aligned}$$

აქედან ვღებულობთ, რომ

$$\begin{aligned} |K(x, t, y_1) - K(x, t, y_2)| &\equiv |K_1(x, t, y_1)| (t-a)^\alpha \left| \sin \frac{y_1}{(t-a)^\beta} - \sin \frac{y_2}{(t-a)^\beta} \right| \\ &\quad + (t-a)^\alpha \left| \sin \frac{y_2}{(t-a)^\beta} \right| |K_1(x, t, y_1) - K_1(x, t, y_2)| + |K_2(x, t, y_1) - K_2(x, t, y_2)|. \end{aligned}$$

$$\cong M(t-a)^{\alpha-2} \left| \sin \frac{y_1-y_2}{2(t-a)^{\beta}} \right| + (b-a)^{\alpha} N_1 |y_1-y_2| + N_2 |y_1-y_2|,$$

$$\cong g_1(t) |y_1-y_2|,$$

სადაც

$$g_1(t) = M(t-a)^{\alpha-\beta} + (b-a)^{\alpha} N_1 + N_2,$$

M არის K_1 უწყვეტი ფუნქციის მაქსიმუმი, ხოლო N_1 და N_2 , შესაბამისად K_1 და K_2 ფუნქციების ლიპშიცის მულტიპლიკატორები.

ამგვარად, განსახილავ შემთხვევაში, მე-2 თეორემის $g(t)$ ფუნქციად შეიძლება ავიღოთ $a \leq t \leq b$ სეგმენტზე ინტეგრებადი $g_1(t)$ ფუნქცია.

ცხადია, შეგვიძლია ავაგოთ მრავალი მაგალითი ისეთი $K(x, t, y)$ ფუნქციებისა, რომელთაც აქვთ ანალოგიური თვისება.

ავტორი გულწრფელ მადლობას უცხადებს ლ. მალნარაძეს საკითხის დასმისა და რიგი მითითებებისათვის.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 8.11.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. О. Женхэн. О существовании и единственности решений интегро-дифференциальных уравнений, ДАН СССР, т. 86, № 2, 1952.
2. И. Г. Петровский. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений, М.—Л., 1952.



ბიოქიმია

ა. კლიბინი

გლუტამინის მჟავას ჭანგვითი დეჰამინირება და მისი რაოდენობითი განაწილება თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა პ. კომეთიანმა 28.9.1953)

როგორც უკანასკნელი ხნის განმავლობაში გამოირკვა, გლუტამინის მჟავა დიდ როლს ასრულებს ნერვული ქსოვილის, კერძოდ თავის ტვინის ნივთიერებათა ცვლაში. ცნობილია, რომ თავის ტვინი შეიცავს ამ ამინომჟავას და ყველა ამინომჟავათაგან მხოლოდ მას აქვს უნარი მასში დაიქანგოს დიდისწრაფით [1].

გლუტამინის მჟავას დაქანგვის მთავარი დანიშნულება მდგომარეობს არა იმაში, რომ ის აწვდის ქსოვილს ენერჯიას (თუმცა არსებობს მითითებები ამაზედაც), არამედ იმაში, რომ ზოგიერთი პათოლოგიური მდგომარეობის დროს ის შეიძლება გამოვლინდეს როგორც სუნთქვის რეზერვული სუბსტრატი [1]. არსებული მონაცემების მიხედვით [2,3,4,5] გლუტამინის მჟავას რეაქცია დიდ როლს თამაშობს ნერვული ქსოვილის ნივთიერებათა ცვლის რეგულაციაში. მისი მიმართვისა და ინტენსიობისაგან დამოკიდებულია ნერვული ქსოვილის მოქმედებისათვის მრავალი მნიშვნელოვანი პროცესი, როგორცაა აცეტილქოლინისა და ადენოზინტრიფოსფატის სინთეზი, ამონიაკის განთავისუფლება და მოცილება, ნახშირწყლების ქანგვის რეგულაცია.

ამ შრომის მიზანი იყო იმის დადგენა, არსებობს თუ არა, ერთი მხრივ, დამოკიდებულება გლუტამინის მჟავას დაქანგვის ინტენსიობისა და მის რაოდენობითი განაწილებას შორის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში და, მეორე მხრივ, ამ ნაწილების ფუნქციათა შორის. ი. პ. პავლოვის მოძღვრებიდან გამომდინარე, ეს საკითხი განსაკუთრებულ ინტერესს უნდა წარმოადგენდეს.

მეთოდთა

ა) გლუტამინის მჟავას ქანგვის ინტენსიობის განსაზღვრა თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში ხდებოდა მანომეტრული მეთოდით ქანგბადის შთანთქმის ინტენსიობის მიხედვით. მსხვილრქიანი საქონლის ტვინი სასაკლავოდან მოდიოდა ყინულში ჩადებული, საკვლევი ნიმუშის ჰომოგენირება აგრეთვე ყინულზე წარმოებდა. წინა გამოკვლევაში ჩვენ მიერ [6] იყო დადგენილი ამ რეაქციის ოპტიმალური პირობები ტვინის ჰომოგენატში, რაც ფერმენტის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა ქსოვილში. ეს პირობები გამოყენებული იყო ამ მუშაობაშიაც. სარეაქციო არეს შემდეგი შედგენილობა ჰქონდა: კალიუმ-ფოსფატის ბუფერი 0,04 მ pH 7,6, კალიუმის გლუტამატი

0,013 მ, ადენოზინტრიფოსფატი 0,01 მ, კოდეპიდრაზა—I 1 მგ ჭურჭელზე, პრეპარატი, რომელშიც არის დიაფორაზა და ციტოქრომული სისტემა 5—6 მგ ჭურჭელზე, ნიკოტინის მჟავას ამიდი 0,002 მ, მაგნიუმის ქლორიდი 0,003 მ. ტვინის ჰომოგენატი მზადდებოდა იზოტანურ KCl. ჭურჭელში თავსდება ქსოვილი 0,3 გ რაოდენობით. სითხის საერთო მოცულობა ჭურჭელში 1,5 მლ უდრიდა. ცდა ტარდებოდა 37° ქაზგზადის ატმოსფეროში. ერთდროულად ტარდებოდა „ბრმა“ ცდები, ე. ი. გლუტამატის გარეშე.

ბ) გლუტამინის მჟავას განსაზღვრა. ამ მიზნისთვის კრეტოვიჩისა და ბუნდელის [7] მეთოდის იყო გამოყენებული, ე. ი. გლუტამინის მჟავის გამოყოფა ქრომატოგრაფიულ სვეტზე აქტივირებული ალუმინის ქანგიდან, აზოტის შემდგომი განსაზღვრით მიკროკელდალის საშუალებით. მეთოდის ჩვენ მიერ იყო ნაწილობრივ მოდიფიცირებული.

ტვინის ვეინავდით მყარ ნახშირორჟანგში, რის შემდეგ აიღებოდა საჭირო ნაწილები. ანალიზისთვის ეილებდით 2 გ ქსოვილს. ცილები ილექებოდა 40 მლ 0,5% ძმარმჟავა თუთიისა და 10 მლ 0,5 ნ მწვავე ნატრიუმის ხსნართა ნარევით. ფილტრატი (20 მლ) წნევის ქვეშ ტარდებოდა სვეტში, რომელიც შეიცავდა 1,5 გ აქტივირებულ ალუმინის ქანგს, სისწრაფით 1 წვეთი 5—6 სეკუნდში. ცისტინისა და დეჟანგული გლუტათონის მოსაშორებლად ალუმინის ქანგის ზედაპირზე თავსდებოდა ფუძე ტყვიის კარბონატის შრე. გარეცხვის შემდეგ (30 მლ დესტილატით) წარმოებდა ელუცია 30 მლ 0,5 ნ ძმრის მჟავათი. ელიუატი დაიწვებოდა და მასში ისაზღვრებოდა აზოტი.

გ) გლუტამინის განსაზღვრა წარმოებდა 10-წუთიანი ჰიდროლიზით 1 ნ მარილმჟავაში და ვაკუუმში შემდგომი გამოხდით, ბორატის ბუფერის თანდასწრებისას. ტვინი წინასწარ იყინებოდა მყარ ნახშირმჟავაში. ცილები ილექებოდა 5% სამქლორძმარმჟავათი.

დ) უჯრედშიგნითა წყლის განსაზღვრა ხდებოდა ეგრეთ წოდებული „ქლორის სივრცის“ მეთოდით [8].

ე) გლუტამინის მჟავას ქანგვითი დეჟამინირების ინტენსიობის მანომეტრული განსაზღვრისათვის საჭირო პრეპარატების მომზადება ჩატარებული იყო ისე, როგორც ეს მითითებულია ჩვენს წინანდელ შრომაში [6].

შედეგები და მათი განხილვა

გლუტამინის მჟავას ქანგვითი დეჟამინირების ინტენსიობა ისაზღვრებოდა თავის ტვინის შემდეგ ნაწილებში: ქერქის მამოძრავებელსა და მხედველობის არეებში, ნათხემის ქერქში, კუდიან ბირთვში და კორძიან სხეულში.

გამოვდიოდით რა იქიდან, რომ შენების განსაკუთრებულმა სირთულემ, რომელიც ტვინს განასხვავებს სხვა ქსოვილებისაგან, შეიძლება გამოიწვიოს ქიმიური შესწავლის შედეგების დამახინჯება, ჩვენ, ჯერ ერთი, გამოსაკვლევად ავიღეთ ფუნქციურად განსხვავებული, მაგრამ მორფოლოგიურად მეტნაკლებად ერთგვაროვანი ნაწილები. ზემოთ ჩამოთვლილი უბნებიდან პირველი ხუთი შედეგება უმთავრესად რუბი ნივთიერებისაგან ანუ დენდრიტულ-უჯრედოვანი მასისაგან, ისინი მორფოლოგიურად ასე თუ ისე მსგავსნი არიან:



მეექვსე უბანი მკვეთრად განსხვავდება დანარჩენებისაგან, მაგრამ ისევე თითქმის ერთგვაროვანია—შედგება თითქმის მთლიანად თეთრი ნივთიერებისაგან, აქსონთა გროვისაგან. მეორე მხრით, რათა შედეგები უფრო ხელსაყრელი გაგვეხადა შედარებისათვის, დაგვეყვანა ისინი, ასე ვთქვათ, „საერთო მნიშვნელამდე“, ჩვენ ვცდილობდით გაგვეგო გამოსაკვლევ ნაწილებში პროტოპლაზმური მასის რაოდენობა. გარკვეული მიახლოებით შეიძლება დაფუძვით, რომ იგი შეესაბამება უჯრედშიგნითა წყლის რაოდენობას. ჩვენ სწორედ ამ ხერხს მივმართეთ.

ქვემოთ მოგვყავს პროცენტობით გამოხატული უჯრედშიგნითა წყლის შემცველობის საშუალო მონაცემები, აღებული ნედლი ქსოვილის წონის ერთეულზე.

ცხრილი 1

უჯრედშიგნითა წყლის შეცულობა %/ით ტვინის სხვადასხვა ფარგალში (საშუალო მონაცემები)

დასახელება	ქერქის მამოძრავებელი არე	ქერქი მხედველობის არე	კულიანი ბირთვი	ნათხემის ქერქი	ამონის რქა	კორიანი სხეული
უჯრედშიგნითა წყალი %/ით	36,8	39,6	40,2	41,0	45,1	30,6

როგორც ეს მოსალოდნელი იყო, მიღებულმა შედეგებმა გვიჩვენა, რომ პროტოპლაზმური მასის ყველაზე ნაკლები რაოდენობა წარმოდგენილია თეთრი ნივთიერებაში (30,6%/ით). დანარჩენი უბნები რუხი ნივთიერებისაგან შედგება, მაგრამ ისინი განსხვავდებიან ერთიმეორისაგან. ყველაზე მეტ უჯრედშიგნითა წყალს შეიცავს ამონის რქა (45,1%/ით), ყველაზე ნაკლებს—ქერქის მამოძრავებელი არე (36,8%/ით). დანარჩენ ნაწილებს საშუალო ადგილი (39,6%/ით, 40,2%/ით) უკავიათ.

სხვადასხვა უბანში ქანგვითი დეზამინირების ინტენსიობის განსაზღვრის შედეგების გადათვლას ვაწარმოებდით პროტოპლაზმური მასის ზემომოყვანილ რაოდენობებზე. ქვემოთ მეორე ცხრილში პარალელურად მოგვყავს რატხვები გადათვლამდე და გადათვლის შემდეგ.

გამოკვლევის სწრაფად ჩატარების საჭიროების გამო შეუძლებელი გახდა ყველა უბნის ერთდროული შედარება. ცდები ტარდებოდა სამ სერიად. ყოველი სერია შეიცავდა ტვინის 2—3 ფარგლის ერთდროულ ანალიზს. სერიიდან სერიამდე უბნების აქტივობა იცვლებოდა ინდივიდუალური და სეზონური ცვალებადობის გამო (შე-2 ცხრილის I მონაკვეთი), ამიტომ შედეგების ერთმანეთთან შედარების მიზნით მათ გადათვლას %/ით ვაწარმოებდით მამოძრავებელი არის აქტივობის მიმართ, რომელიც პირობით მივიღეთ 100-ად (შე-2 ცხრილის II განაკვეთი). ამ ცხრილის განხილვის შედეგად შეიძლება გამოვიყვანოთ შემდეგი დასკვნები:

ცხრილი 2

გლუტამინის შეფასე ჟანგვითი დენამინირების ინტენსიობა თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში (საშუალო მონაცემები)

დასახელება	ქერქი		კუდიანი ბირთვი	ნათხემის ქერქი	ამონის რქა	კორძიანი სხეული
	მამოძრავებელი არე	მხედველობის არე				
I. მიკროლიტრი 0,30 წუთის განმავლობაში ცდების I სერია						
ა	76,0	64,1	78,9	—	—	—
ბ	211	161	196	—	—	—
ცდების II სერია						
ა	59,7	—	—	78,8	31,4	—
ბ	161	—	—	192	69	—
ცდების III სერია						
ა	64,6	—	—	—	—	6,8
ბ	171	—	—	—	—	22
II. %/0 მამოძრავებელი ქერქის მიმართ						
ა	100	84	103	131	52	10
ბ	100	77	93	119	43	13

შენიშვნა: ა—განგარიშებულია 100 მგ ნედლი ქსოვილის წონაზე
 ბ—განგარიშებულია 100 მგ უჯრედშიგნითა წყალზე

1. ირკვევა, რომ არსებობს მკვეთრი განსხვავება გლუტამინის შეფასე დაქანგვის ინტენსიობის მხრივ სხვადასხვა უბანს შორის. მეორე ცხრილის „ა“ და „ბ“ სტრიქონების შედარება გვიჩვენებს, რომ ეს განსხვავება თითქმის არ კლებულობს უჯრედშიგნითა წყალზე გადათვლისას, ე. ი., როგორც ჩანს, იგი პირობადებულია არა უჯრედოვანი მასის სხვადასხვაგვარი შემცველობით ამა თუ იმ ნაწილში, არამედ უჯრედების სხვადასხვაგვარი ქიმიზმით.

ლიტერატურაში არსებობს მითითებები, რომ ზოგიერთი პროცესის ინტენსიობის განსხვავება სხვადასხვა უბანში მათში უჯრედოვანი მასის შემცველობითაა გამოწვეული. ეს ეხება, მაგალითად, სუნთქვას, პროტეოლიზს [9,10]. სხვა პროცესები კი არ ემორჩილებიან ამ კანონზომიერებას და, როგორც ჩანს, ტვინის ქსოვილის უბნებისა ან მათი ელემენტებისათვის სპეციფიკური არიან. გლუტამინის შეფასე დაქანგვის რეაქციაც, ალბათ, პროცესების ამ მეორე ტიპს ეკუთვნის.

2. რეაქციის ინტენსიობაში უფრო დიდი განსხვავება აღინიშნება რუსხა და თეთრ ნივთიერებებს შორის (ქერქი 100%, კორძიანი სხეული 13% უჯრედშიგნითა წყალზე გადათვლისას). რასაკვირველია, როგორც სტრუქტურულად და ფუნქციურად, ასევე ბიოქიმიური მაჩვენებლებითაც, რუსხი და თეთრი ნივთიერება მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმეორისაგან. მაგრამ რიგი სხვა ბიოქიმიური რეაქციების შემთხვევაში ეს განსხვავება გაცილებით უფრო მცირეა.



ჩვეულებრივად ის 4-ჯერზე მეტი არ არის, რაც შეიძლება გამოწვეულია თეთრ ნივთიერებაში პროტოპლაზმური მასის ნაკლები შემცველობით. მოცემულ შემთხვევაში კი, როგორც ჩანს, ვლინდება პროტოპლაზმური მასის თვისობრივი თავისებურებები. ცხადია, გლუტამინის მჟავას დაქანგვის რეაქცია უფრო მკიდროდ არის დაკავშირებული დენდრიტულ-უჯრედოვანი მასის ფუნქციასთან, ვიდრე აქსონების ფუნქციასთან.

3. სხვადასხვა ნაწილებს შორის, სადაც ძირითადად რუხი ნივთიერებაა წარმოდგენილი, აგრეთვე აღინიშნება შესამჩნევი განსხვავება: კერძოდ, საყურადღებოა განსხვავება ქერქის სხვადასხვა უბანს შორის: მამოძრავებელი არე უფრო აქტიური აღმოჩნდა, ვიდრე მხედველობისა (შესაბამისად 100% და 77%); ამონის რქის ქერქი კიდევ უფრო ნაკლებად აქტიურია (43%); კუდიანი ბირთვი თითქმის ეთანაბრება აქტივობით ქერქის მამოძრავებელ უბანს (93%); ნათხემის ქერქი გლუტამატს ქანგავს რამდენადმე უფრო ინტენსიურადაც კი (119%), ვიდრე ქერქის მამოძრავებელი არე.

ქერქის სხვადასხვა უბნის მონაცემების განხილვისას შეიძლება ითქვას: პირველი—გლუტამინის მჟავას დაქანგვის ინტენსივობა არ უნდა განისაზღვრებოდეს ტვინის უბნის ფილოგენეზური ასაკით: ამონის რქა და კუდიანი ბირთვი ფილოგენეზურად თითქმის ერთი ხნისანი არიან, მაგრამ განსხვავება აქტივობაში მათ ძალიან დიდი აქვთ; მეორე—უბნები, რომლებიც განაგებენ მამოძრავებელ ფუნქციას ან უმთავრესად მამოძრავებელ ფუნქციას (მამოძრავებელი არე, კუდიანი ბირთვი, ნათხემი), განსხვავდებიან გლუტამატის უფრო ინტენსიური დაქანგვით, ვიდრე სენზორული უბნები (მხედველობის არე, ამონის რქა).

დაქანგვითი დეზამინირების ინტენსივობასთან ერთად ჩვენ გამოვიკვლიეთ თვით გლუტამინის მჟავას შემცველობა თავის ტვინის სხვადასხვა უბანში. შევისწავლეთ აგრეთვე მისი ამიდის—გლუტამინის შემცველობა; როგორც ცნობილია, გლუტამინი დაკავშირებულია გლუტამინის მჟავასთან სწრაფი ურთიერთგარდაქმნებით.

ამ განსაზღვრებისათვის გამოსაკვლევი ობიექტების ნუსხა რამდენადმე შეცვლილ იქნა, რადგან ანალიზისათვის საჭირო გახდა მასალის დიდი რაოდენობით აღება, რაც ზოგიერთი უბნებისთვის შეუძლებელი იყო. გამოსაკვლევად ავიღეთ ქერქის მამოძრავებელი არე, კუდიანი ბირთვი, ნათხემი (მთლიანად ჰემისფეროები), მხედველობის ბორცვი და კორძიანი სხეული.

მივიღეთ რა მხედველობაში, რომ არსებული ცნობების მიხედვით ტვინში გლუტამინის მჟავასა და გლუტამინის ძირითადი ნაწილი უჯრედს შიგნით იმყოფება, მონაცემები სხვადასხვა უბანში ამ ნივთიერებების შემცველობის შესახებ, გადავითვალეთ უჯრედშიგნითა წყალზე. მე-3 ცხრილში მოყვანილია რიცხვები ამ გადათვლაძღე და გადათვლის შემდეგ.

ცხრილის I ნაკვეთის მონაცემებიდან ჩანს, რომ გლუტამინის მჟავასა და გლუტამინის განაწილება სხვადასხვა უბანში, განსაკუთრებით თუკი განვიხილავთ მათ შეჯამებულ კონცენტრაციებს, საკმაოდ თანაბარია: მაგრამ უფრო თანაზომიერი ხდება ეს განაწილება უჯრედშიგნითა წყალზე გადათვლისას.





ცხრილი 3

გლუტამინის მჟავასა და გლუტამინის შემცველობა თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში (მილიგრამობით)

დასახელება	ქერქი მა- მოძრავებ. უბანი	კუდიანი ბირთვი	ნათხემი	მხედვე- ლობის ბორცვი	კორძიანი სხეული
I. 100 მგ ნედლეული კსოვილზე გადაანგარი- შებული:					
გლუტამინის მჟავა	181	196	158	177	129
გლუტამინი	88	86	79	60	56
ჯამი	269	282	237	237	185
II. 100 მგ უჯრედშიგნითა წყალზე გა- დაანგარიშებული:					
გლუტამინის მჟავა	490	469	405	460	427
გლუტამინი	237	206	202	165	185
ჯამი	727	672	607	625	612
გლუტამინის მჟავას შეფარდება გლუ- ტამინთან	2,1	2,3	2,0	2,8	2,3

(ნაკვეთი II). ასეთი გადაანგარიშებისას განსხვავება რუხ და თეთრ ნივთიერე-
ბის შორისაც კი თითქმის ისპობა (ქერქი 727, კორძიანი სხეული 612 მგ).
რუხი ნივთიერებისაგან შემდგარ უბნებს შორისაც ეს განსხვავება უმნიშვნე-
ლოა. რამდენადმე გამოირჩევა გლუტამინისა და გლუტამინის მჟავას უფრო
მაღალი შედგენილობით ქერქის მამოძრავებელი უბანი (727), კუდიანი ბირთვი
(672 მგ). მათ შორის, ისევე როგორც გლუტამიკოდეჰიდრაზას განაწილების
შემთხვევაში აღინიშნება მსგავსება. ნათხემი და მხედველობის ბორცვი შეი-
ცავს ამ ნივთიერებების რამდენადმე ნაკლებ რაოდენობას (607 და 625). შეიძ-
ლება ეს აიხსნება თეთრი ნივთიერების შერევიით, რომელიც ამ უბნებში უფ-
რო მეტია, ვიდრე პირველ ორში. გლუტამინისა და გლუტამინის მჟავას შე-
ფარდებაც სხვადასხვა უბანში თითქმის ერთნაირია (2,0—2,3), თუ არ მივი-
ღებთ მხედველობაში მხედველობის ბორცვს (2,8), რომელსაც ახასიათებს არა-
ამიდირებული ფორმის ანუ გლუტამინის მჟავას მეტი შემცველობა.

ამრიგად, მიუხედავად ენგვითი დეზამინირების რეაქციის სხვადასხვა
ინტენსივობისა თავის ტვინის ფუნქციურად განსხვავებულ უბნებში, ხსენებუ-
ლი რეაქციის სუბსტრატის კონცენტრაცია ამ უბნებში თითქმის ერთნაირია.
ეს მოჩვენებითი შეუსაბამობა შეიძლება იმით აიხსნას, რომ გლუტამინის მჟა-
ვას გარდაქმნები ტვინში მრავალგვარია. ამ ნაერთის გარდაქმნები შესაძლე-
ბელია წარმოებდეს საწინააღმდეგო მიმართულებებით და ამით ისინი პირო-
ბადებენ ყველა უბანში მის მუდმივ დონეზე შენახვას იმ მაღალი კონცენ-
ტრაციით, რომლითაც გამოირჩევა ტვინი. ამ გარდაქმნების ცალკეული გზები
კი, როგორც ჩანს, დაკავშირებულია სხვადასხვა უბნის სპეციფიკურ ფუნქ-
ციებთან.

როგორც უკვე იყო თქმული, ჩვენი მონაცემებით დაჭანგვითი დეზამინი-
რების რეაქცია უფრო მეტად დამახასიათებელია დენდრიტულ-უჯრედოვანი

მასისათვის და სწორედ იმ დენდრიტულ-უჯრედოვანი მასისათვის, რომელიც მამოძრავებელ ცენტრებშია.

საინტერესოა შევეუდაროთ ეს უკანასკნელი გარემოება ი. პავლოვის აზრს იმის შესახებ, რომ „ყველა მამოძრავებელ ელემენტს აქვს რალაც საერთო კონსტრუქციული ან ქიმიური თვალსაზრისით, ანდა შესაძლებელია ერთითაც და მეორითაც“, განსხვავდებიან რა სხვა ელემენტებისაგან, მხედველობითისაგან, სმენითისაგან და ა. შ. [11]. ჩვენი მონაცემების მიხედვით გლუტამატის დაქანგვა წარმოადგენს მამოძრავებელი ელემენტების ამ განსხვავების ერთ-ერთ მაჩვენებელს.

დასკვნები

1. გლუტამინის მეყვას ჟანგვითი დეზამინირების რეაქცია უფრო მეტი სისწრაფით წარმოებს უჯრედოვან-დენდრიტულ მასაში (რუხ ნივთიერებაში), ვიდრე აქსონებში (თეთრ ნივთიერებაში);
2. ყველაზე მეტ ინტენსივობას ის აღწევს იმ განყოფილებების უჯრედოვან-დენდრიტულ მასაში, რომლებიც დაკავშირებული არიან მამოძრავებელ ფუნქციასთან, ე. ი. ამ რეაქციის ინტენსივობა დამოკიდებულია ტვინის შესაფერისი უბნის ფუნქციური მიმართულებისაგან;
3. რეაქციის სუბსტრატის, ე. ი. გლუტამინის მეყვას განაწილება სხვადასხვა ფუნქციის მქონე უბნებს შორის, პირიქით, თანაბრობით გამოირჩევა. ჩვენი მოსაზრებანი განმარტავენ ამ შეუსაბამობას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.9.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. H. Waelsch. Glutamic acid and cerebral function. Adv. in protein chem., 6, 1951, 299.
2. А. Е. Браунштейн. Биохимия аминокислотного обмена. Москва, 1949.
3. Е. А. Владимирова. Биохимические превращения в головном мозгу при условно-рефлекторном изменении функционального состояния ц. н. с. Сообщ. 2. Влияние условно-рефлекторного возбуждения ц. н. с. на образование преформированного аммиака и глутамина в головном мозгу. Бюлл. эксп. биол. и мед. 31, 1951, стр. 228.
4. П. А. Кометнани. Связь окисления глутаминовой кислоты с синтезом ацетилхолина в экстрактах головного мозга. Сообщения АН ГССР, т. XII, 1951, стр. 531.
5. П. А. Кометнани и Е. Э. Клейн. О путях ресинтеза аденозинтрифосфата. Реаминирование инозинтрифосфата гомогенатом головного мозга. Сообщения АН ГССР, т. XIV, № 7, 1953.
6. Е. Э. Клейн. Окислительное дезаминирование 1(+)-глутаминовой кислоты гомогенатом головного мозга. Сообщ. АН ГССР XII, 1952, стр. 273.

7. В. Л. Кретович и А. А. Бундель. Раздельное определение дикарбоновых аминокислот. ДАН СССР, 73, 1950, стр. 173.
8. П. А. Кометиани и Ш. И. Гоголашвили. Распределение калия в мышечной ткани. Сообщения АН ГССР, II 1941, стр. 937.
9. П. А. Кометиани и Е. Э. Клейн. Исследование активности ферментов в разных отделах головного мозга. Укр. биох. журн., 22, 1950, стр. 410.
10. A. Pore and C. V. Anfinsen. Histochemical distribution of peptidase activity in the central nervous system of the rat. J. biol Chem., 176, 1075, 1948.
11. И. П. Павлов. Психиатрия, как пособница физиологии больших полушарий. Полн. собр. трудов, т. 3, 1949, стр. 278.



დ. უკლავა

„მეორე ახტალის“ ტალახის ვულკანის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 9.12.1953)

„მეორე ახტალის“ პირობით ვუწოდებთ იმიტომ, რომ ჩვენში დღემდე მხოლოდ გურჯაანის რაიონის ახტალა ცნობილი. გურჯაანის ახტალის ტალახმა თავისი შესანიშნავი სამკურნალო თვისებებით არა მარტო საქართველოში, არამედ საბჭოთა კავშირშიც საკმაოდ გაითქვა სახელი, ხოლო „მეორე ახტალა“, რომელიც წითელწყაროს რაიონშია, ჯერჯერობით არც სპეციალური კვლევის ობიექტი გამხდარა და ადგილობრივი მცხოვრებლების გარდა მას არც არავინ იცნობს⁽¹⁾.

„მეორე ახტალა“ გარეკახეთის ზეგანზე მდებარეობს. მორფოლოგიურად ეს რაიონი დაბალი, დამრეცფერდობებიანი ქედების, ბრტყელი ვაკეების, მცირე სიღრმის ქვაბურების, ხეების, ხრამების არსებობით ხასიათდება [2].

საკუთრივ „მეორე ახტალის“ ტალახის ვულკანი აღმოსავლეთ ქვაბების სინკლინური ქედის ჩრდილო პერიფერიაზე, კილა-კუბრას ანტიკლინის ღერძის სამხრეთითაა მოთავსებული. გარეგნულად ტალახის ვულკანი მოგრძო, ბრტყელთაგან ბორცვს წარმოადგენს და ფერდობები ღრმად აქვს დანაწევრებული ვიწრო ხრამებით. უკანასკნელი ვულკანის ცენტრალური ნაწილიდან რადიალურად მიემართებიან და ერთი შეხედვით ბარანკოსებს მოგვაგონებენ.

ხსენებულ ბორცვს, რომელსაც შეცდომით მთა ახტალასაც⁽²⁾ უწოდებენ ხოლმე, ირგვლივ მშრალი ხევი უვლის; მასში ვულკანზე განლაგებული სასულეებიდან ჩამოდენილი ტალახი იყრის თავს და ზოგჯერ ტალახის ნაკადულს ქმნის. ტალახის ნაწილი ვულკანის ზედაპირზე ეფინება. ვულკანი და მისი მიდამოები აკჩაგილის ხნოვანების ნაცრისფერი და ღია მურა თიხებითაა აგებული, უკანასკნელი შენაცვლებულია კონგლომერატებთან, ფხვიერ ქვიშაქვებთან და ნაცრისფერ ქვიშიან თიხებთან.

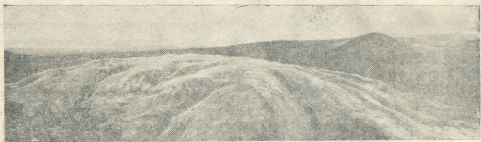
გენეტიურად გურჯაანის ახტალა და „მეორე ახტალა“ ანალოგიურია; ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მხოლოდ მორფოლოგიურად. მაშინ, როცა გურჯაანის ახტალა პატარა, დაბალი ბექით შემოზღუდულ ორმაგ ტა-

(1) საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ვახუშტის საბ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის უფრ. მეცნ. თანამშრომლებმა დ. წერეთელმა და ნ. ასტახოვმა 1952 წ. გარე კახეთის ზეგნის გეომორფოლოგიურ კვლევისას ნაწილობრივ „მეორე ახტალის“ ტალახის ვულკანიც აღწერეს.

(2) მთა ახტალა (557 მ ზ. დ.) ტალახის ვულკანის ჩრდილო-დასავლეთით მდებარეობს, 1-1,5 კმ დაშორებით.

ფობს წარმოადგენს, „მეორე ახტალა“ კარგად გამოიყოფა რელიეფში, როგორც ბორცვი.

„მეორე ახტალის“ ვულკანის მობრტყელებულ ზედაპირზე, რომლის ფართობი 2—3 ჰექტარი იქნება, თერთმეტამდე მოქმედა ტალახის სასულეა განლაგებული, თითქმის ამდენივე ჩამქრალი. სასულეები ერთიმეორისაგან 15—20 მეტრითაა დაშორებული და სხვადასხვა ზომისაა. ყველაზე დიდი სასულის დიამეტრი 2—2,5 მეტრს აღწევს. სასულეებიდან ტალახი გამუდმებით ამოედინება გაზთან ერთად. ზემოდან ტალახს ნავთის ბრკე აქვს. ეს ბუნებრივიცაა, რადგან როგორც საბჭოთა კავშირში კარგად ცნობილი ტალახის ვულკანები აფშერონის, ტამანისა და ქერჩის ნახევარკუნძულებზე, ისე ჩვენშიც—გურჯაანსა და წითელწყაროში, ნავთობის შემცველ რაიონებთანაა დაკავშირებული.



სურ. 1. „მეორე ახტალა“—ტალახის ვულკანი

„მეორე ახტალის“ ტალახის სასულეებზე დაკვირვება ცხადყოფს ამ თორმეტიოდე წლის წინათ გურჯაანის ახტალის ტალახის გენეზისის შესახებ ა. ჯანელიძის მიერ გამოთქმული აზრის სისწორეს. ა. ჯანელიძემ გაარკვევა რა გურჯაანის ახტალის ტალახის გენეზისი, სხვა მკვლევარების მიერ ადრე გამოთქმული შეხედულების საწინააღმდეგოდ, დაასკვნა, რომ აქ ტალახი წარმოიშობა ზედაპირზე, თვით სასულეებში მუდმივმოძრავი მინერალური წყლისა და გაზების მოქმედებით [1].

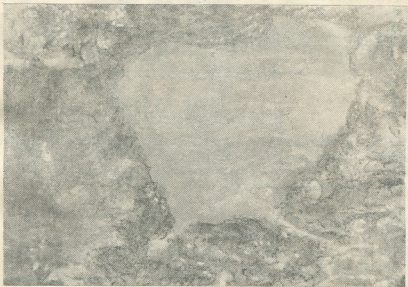
აქაც, „მეორე ახტალაზე“, ტალახს ნამდვილ ვულკანიზმთან არავითარი კავშირი არა აქვს და თავის საბოლოო თვისებებს როგორც მექანიკურს, ისე ფიზიკურ-ქიმიურს, უშუალოდ სასულეში ლეზულობს ქანის, მინერალური წყლისა და გაზის ხანგრძლივი კონტაქტის პირობებში. ამ სასულეებს სიღრმითი გავრცელება არა აქვთ და ზოგი მათგანი ზედაპირიდან მხოლოდ 8—10 მეტრზე ღრმად არ მიდის. ამის დადასტურება ძნელი არ იქნება, თუ აქ არსებული ერთ-ერთი ხევიდან (ხევის ფსკერიდან), რომელიც ბუნებრივი ქრისტალის როლს ასრულებს, სასულის შესახვედრად ხვრელს ვაგვირთ. აღმოჩნდება, რომ სასულე (ჩვენ მას № 3 სასულე ვუწოდებთ) ზედაპირიდან 7—8 მეტრის ქვემოთ ყრუდ თავდება და მას სიღრმითი გავრცელება არ აქვს. ამის მიუხედავად, ამ სასულედან ტალახი მუდმივ გადმოდის მეტ-ნაკლები დებიტით. სხვა სასულეები შეიძლება უფრო ღრმა იყოს, მაგრამ ისინიც უთუოდ ზედა-

პირიდან 20—25 მეტრის ქვემოთ ყრულ უნდა თავდებოდნენ, № 3 სასულისა და გურჯაანის ახტალის სასულეების ანალოგიურად.

თუ სასულეებს სიღრმითი გაგრძელება არა აქვთ, სამაგიეროდ მათ შორის გვერდითი კავშირი უნდა არსებობდეს, რაც იქიდან ჩანს, რომ ზოგჯერ ერთ სასულეში ტალახის მოქმედების შენელებისას ახლო მდებარე სასულის ტალახი ძლიერ აქტიურად მოქმედებს.

ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ მორფოლოგიურად ეს ორი ახტალა განსხვავებულია: გურჯაანისა ტაფობს წარმოადგენს, „მეორე ახტალა“ — მოგრძობორცვს, რომელსაც მობრტყელებული ზედაპირი აქვს.

პირველის მორფოგენეზისი კარგადაა ახსნილი ა. ჯანელიძის მიერ. მისი აზრით, იქ ჩვენ გვაქვს მიწიდან მასალის მუდმივი გამორეცხვა ტალახის სახით, რის გამოც მიწის ქვეშ ნივთიერების დეფექტი წარმოიშობა, რასაც, აუცილებლად სიმძიმის გავლენით, ნიადაგის შემჭიდროება-დაწევა მოჰყოლია და ტაფობი წარმოშობილა [1].



სურ. 2. ტალახის სასულე „მეორე ახტალაზე“

სასულეებიდან ტალახის მუდმივ გადმოდინებას (გამორეცხას), აქაც, „მეორე ახტალაზე“, ტაფობი უნდა შეექმნა, მაგრამ ეს არ შეიძლება. ამის მიზეზი შეიძლება ის იყოს, რომ სასულეებიდან ტალახის გადმოდინება გურჯაანის ახტალის სასულეებთან შედარებით ნაკლებია და თანაც ეს სასულეები („მეორე ახტალისა“) გაცილებით ახალგაზრდა უნდა იყოს. ზემოაღნიშნული პროცესი აქაც რომ მიმდინარეობს, ცხადია. ვულკანის ზედაპირზე სასულეებს ირგვლივ მომცრო „ქვაბურები“ შეუქმნიათ; ამასთანავე, დიდი დებიტის სასულეებს უფრო დიდი „ქვაბურები“ ახლავთ. ბოლოს, ხანგრძლივი პერიოდ-

დის შემდეგ, მოსალოდნელია ამ „ქვაბურების“ შეერთება, გაზრდა და ერთიანი ვრცელი ქვაბურის შექმნა ვოლკანის ზედაბირზე.

„მეორე ახტალის“ ტალახი, როგორც სამკურნალო საშუალება, მეტად საინტერესო ობიექტს წარმოადგენს. მისი ქიმიური და მექანიკური შედგენილობა გურჯაანის ახტალის ანალოგიურია. ადგილობრივი მცხოვრებლები მით დიდი ხანია სარგებლობენ (პრიმიტიული წესით) რევმატიზმით და იშიახით დაავადებათა წინააღმდეგ სამკურნალოდ და, როგორც ჩანს, მკურნალობა კარგ ეფექტს ახდენს. ზამთრის პერიოდში ამავე მიზნით ტალახს სახლში ეზიდებიან.

ტალახის დებიტი საქმაოდ დიდია, მისადგომი გზაც მშვენიერი (წითელწყაროს რაიონის სოფ. გამარჯვებიდან 8—10 კმ). ახტალის მიდამოები, რომელიც მზის ნათების ხანგრძლიობით გამოირჩევა, სამკურნალო, მინერალური წყლითაც მდიდარია. ყველაფერი ეს საშუალებას იძლევა იქ ადგილობრივი მნიშვნელობის კურორტი გაშენდეს. ამისათვის ტალახის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების დეტალურად შესწავლასთან ერთად ტალახის დებიტიც უნდა გაირკვეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.12.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ა. ჯანელიძე. ახტალის ტალახის გენეზისის შესახებ. სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალის მოამბე, ტ. I, № 7, 1940.
2. А. Н. Джавахишвили. Геоморфологические районы Грузинской ССР. Типы рельефа и районы их распространения. Изд. АН СССР, М.—Л., 1947.



3. შინაბეჭდი

მდინარეთა ჰოტენციალური ენერგიის მარაგის დაღვინისა და მისი გამოყენების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. გედევიანიშვილმა 20.11.1953)

მდინარის რომელიმე უბნის თეორიული სიმძლავრე კილოვატობით შემდეგი ფორმულით გამოისახება:

$$N_{\text{თ}} = 9.8 \int_{H_1}^{H_2} Q_i dH_i \tag{1}$$

სადაც Q_i წყლის ხარჯია მ³/წ და H_1 და H_2 განსახილველი უბნის დასაწყისში და ბოლოში ერთდროულად გაზომილი წყლის დონის ნიშნულებია.

ზოგჯერ (1) განტოლებას სასრულ სიდიდეებში გამოსახავენ ხოლმე

$$N_{\text{თ}} = 9.8 \sum_{i=1}^n Q_i \Delta H_i \tag{2}$$

პრაქტიკაში მდინარის თეორიული სიმძლავრის გამოსათვლელად ჩვეულებრივ შემდეგი ფორმულით სარგებლობენ:

$$N_{\text{თ}} = 9.8 \sum_{i=1}^n Q_{i\text{საშ}} \Delta H_i \tag{3}$$

სადაც ΔH_i მდინარის ვარდნა და $Q_{i\text{საშ}}$ საშუალო ხარჯია, რომელიც წარმოადგენს ისეთ ელემენტარულ ΔL_i უბნის თავსა და ბოლოში ხარჯების ნახევარჯამს, რომლის მანძილზე მდინარის ქანობი შეიძლება მიღებულ იქნეს მუდმივად, ხოლო ხარჯის ცვალებადობა წორფეწირულად; n ასეთი ელემენტარული უბნების რიცხვია.

თუ Q საშუალო წლიური ხარჯია, განტოლებები (1), (2) და (3) გამოხატავს მდინარის უბნის საშუალო წლიურ თეორიულ სიმძლავრეს.

ანალოგიურად მდინარის საშუალო წლიური ენერგიისათვის გვექნება კილოვატსაათებით

$$\mathcal{E}_{\text{თ}} = \frac{1}{367} \int_{H_1}^{H_2} W dH \tag{4}$$

ან

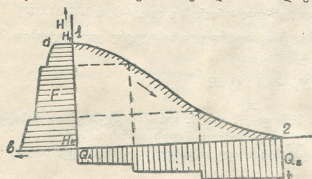
$$\mathcal{E}_{\text{თ}} = \frac{1}{367} \sum_{i=1}^n W_i \Delta H_i \tag{5}$$

სადაც W მდინარის საშუალო წლიური ხარჯია.

თუ ნიშნულები H_1 და H_2 მდინარის სათავესა და შესართავს შეესაბამება, ზემოთ მოყვანილი ფორმულები მოგვცემს მდინარის მთავარი კალაპოტის თეორიულ სიმძლავრესა და ენერჯიას.

სიმძლავრისა და ენერჯიის (2), (3) და (5) ფორმულებით გამოთვლა, ჩვეულებრივ, ტაბულების საშუალებით ხდება. რაც შეეხება (1) ფორმულას, მის გამოსათვლელად გრაფიკულ მეთოდს ხმარობენ, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს [2,4]:

ორდინატთა ლერძზე გადიზომება მდინარის სიმალეთა ნიშნულები, აბსცისის ლერძზე მარჯვნივ—სიგრძე, ხოლო მარცხნივ—მდინარის ხარჯები (ნახ. 1). მაშინ ხაზი ab გამოსახავს მდინარის ძალოვანი პროფილის ეპიურას.



ნახ. 1

ფართობი H_1abH_2 , სათანადო მასშტაბით გამოხაზული, გამოსახავს მდინარის 1—2 უბნის სიმძლავრეს.

მ. მოსტკოვმა პირველმა შემოიღო „ორგრაფიული ფიგურის“ ელემენტარული მოცულობის ცნება $dV = HdF$ და, სარგებლობს რა ამით, მდინარის აუზის ენერჯიის

პოტენციალურ მარაგს შემდეგი ფორმულით გამოსახავს:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{367} \int_0^V mdV, \quad (6)$$

სადაც m არის „ჩანადენის კერძო მოდული“ $\left(\frac{m^3}{\sqrt{J} \cdot \text{კმ}^2}\right)$.

იმ შემთხვევაში, როდესაც განსახილველი აუზისათვის შესაძლებელია m მიღებულ იქნეს მუდმივად და „ჩანადენის მოდულის“ M -ის ტოლად, განტოლება (6) შემდეგ სახესღებულს:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{MV_0}{367} \text{ კვტს/წელ.} \quad (7)$$

სადაც V_0 „აუზის ფიგურის“ მოცულობაა.

ამ მარტივი დამოკიდებულებით გამოითვლება აუზის ჯამური პოტენციალური ენერჯია, იმ ენერჯიის ჩათვლით, რომელსაც შენაკადები, წვრილი პიდროლოგიური ქსელი და ფერდობები შეიცავს.

ავტორი აღნიშნავს, რომ (7) განტოლება აუზის ენერჯიის მაქსიმალურ მარაგს გამოხატავს.

ანალოგიურად, მდინარის მთავარი კალაპოტის ენერჯის მაქსიმალურ მარაგს M მოსტკოვი გამოხატავს შემდეგი ფორმულით:

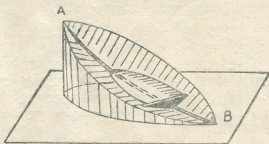
$$\mathcal{E}_{მთ.კ} = \frac{MV_{მთ.კ}}{367}, \quad (8)$$

სადაც $V_{მთ.კ}$ მდინარის მთავარი კალაპოტის ფიგურის მოცულობაა.

როგორც საკითხის ანალიზი გვიჩვენებს, ზემოთ მოყვანილი (4), (5), (6) და (7) ფორმულები ენერჯის მაქსიმალურ მარაგს მხოლოდ კერძო შემთხვევისათვის გამოხატავს, ზოგად შემთხვევაში კი პოტენციალური ენერჯის თეორიული მარაგი, აუზისა და განსაკუთრებით მთავარი კალაპოტისა, დამოკიდებულია ამ ენერჯის გამოყენების სქემაზე.

ეს გარემოება ნათლად ჩანს შემდეგი მაგალითიდან.

ვთქვათ, მდინარის რომელიმე უბანზე (ნახ. 2) აგებულია H სიმაღლის მქონე კაშხალი, რომლის მიერ შეტბორებული წყალი მის ქიმზე გადადის და ისევ მდინარეში ვარდება. იმ დებულების საფუძველზე, რომ მდინარის აუზის პოტენციალური ენერჯის მარაგი „აუზის



ნახ. 2

ფიგურის“ მოცულობის პროპორციულია, ამ მარაგის გამოსახულება, (7) განტოლების ნაცვლად, შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\mathcal{E}'_0 = \frac{MV_0}{367} + \frac{MV_{E_{ყ}}}{367}, \quad (9)$$

ან

$$\mathcal{E}'_0 = \frac{M(V_0 - V_{E_{ყ}})}{367}, \quad (9')$$

სადაც $V_{E_{ყ}}$ წყალსაცავის მოცულობაა.

როდესაც მდინარეზე რამდენიმე წყალსაცავია, მთელი აუზის ენერჯის თეორიული მარაგი შემდეგი განტოლებით უნდა იქნეს გამოსახული:

$$\mathcal{E}'_0 = \frac{M}{367} \left(V_0 + \sum_{i=1}^k V_{i_{E_{ყ}}} \right), \quad (10)$$

სადაც k წყალსაცავების რიცხვია.

როდესაც აუზის ენერჯის გამოყენება გათვალისწინებულია დერივაციული ნაგებობებით, ენერჯის თეორიული მარაგის გამოსათვლელად (7) განტოლება ძალაში რჩება, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ იმ შედარებით მცირე მოცულობიან წყალსაცავებს, რომლებიც წყალმიმღები კაშხლების წინ შეიქმნება.

წყალსაცავების შექმნა, როგორც წესი, იწვევს ჩანადენის მოდულის შეცვლას იმ ტერიტორიისათვის, რომელიც წყლით იფარება, ვინაიდან იცვლება

ის ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავენ ჩანადენის კოეფიციენტის სიდიდეს. თუ ამ გარემოებას მივიღებთ მხედველობაში, (10)-ის ნაცვლად გვექნება

$$\mathcal{D}'_0 = \frac{1}{367} \left[M_0 \left(V_0 + \sum_{i=1}^k V_{i\text{ფ}} \right) - \sum_{i=1}^k V'_i M' \right], \quad (11)$$

სადაც V' ისეთი პრიზმის მოცულობაა, რომლის ფუძეს წარმოადგენს წყალსაცავის ზედაპირი, ხოლო სიმაღლეს — წყალსაცავის ამ ზედაპირისა და მდინარის შესართავის ნიშნულების სხვაობა.

M' წარმოადგენს წყლისა და ხმელეთის ზედაპირებიდან აორთქლების სიდიდეთა სხვაობას $\left(\frac{m^3}{\sqrt{km^2}} \right)$

უნდა აღინიშნოს, რომ, M_0 და M' სიდიდეების მიხედვით, (11) განტოლების მეორე წევრს, ზოგად შემთხვევაში, შეიძლება როგორც უარყოფითი, ისე დადებითი ნიშანი ჰქონდეს.

წყალსაცავის მოცულობის მხედველობაში მიღება შედარებით მცირე გავლენას ახდენს მდინარის აუზის პოტენციალური ენერჯიის საერთო მარაგზე, მაგრამ მას ფრიად მნიშვნელოვანი ცვლილებები შეაქვს პოტენციალური ენერჯიის განაწილებაში მდინარის მთავარ კალაპოტსა, შენაკადებსა და ფერდობებს შორის.

როგორც აღნიშნული იყო, უბნის თეორიული სიმძლავრე (1) განტოლებით გამოისახება. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ დანაკარგებს, თეორიულად შესაძლებელია მთელი ამ ენერჯიის დერივაციული დანადგარებით გამოყენება.

ამავე უბნის თეორიული სიმძლავრის ზოგადი გამოსახულება, მისი წყლის შემტბორავი ნაგებობით გამოყენების შემთხვევაში, იქნება

$$N_{30} = 9.8 \int_{H_1}^{H_2} Q_i dH + 9.8 \sum_{i=1}^n \int_{H_1}^{H_{20}} Q_{i\text{ფ}} dH + 9.8 \int_{H_1}^{H_2} Q_{i\text{ფ}} dH + 9.8 \int_{H_1}^{H_2} Q_{i\text{ფ}} dH, \quad (12)$$

სადაც H_{20} შენაკადის წყლის დონის ნიშნულია შესართავთან; $Q_{i\text{ფ}}$ და $Q_{i\text{ფ}}$ სათანადოდ შენაკადისა და ფერდობებიდან ჩამონადენი წყლის ხარჯია; $Q_{i\text{ფ}}$ წყლის ხარჯია, რომელიც წყალსაცავის ზედაპირზე ატმოსფერული ნალექების სახით ეცემა, ფილტრაციისა და აორთქლების მხედველობაში მიღებით; n შენაკადების რიცხვია.

პირველი წევრი (12) განტოლებისა წარმოადგენს მდინარის მთავარი კალაპოტის უბნის თეორიული სიმძლავრის ჩვეულებრივ გამოსახულებას. მეორე წევრი გამოსახავს შენაკადების მთავარი კალაპოტების იმ უბნების თეორიულ სიმძლავრეს, რომლებიც H_1 და H_{20} ნიშნულებს შორის მდებარეობენ, ხოლო მესამე წევრი — H_1 და H_2 ნიშნულებს შორის მოთავსებულ ფერდობების სიმძლავრეს, შენაკადების ფერდობების ჩათვლით. უკანასკნელი წევრი გამოსახავს იმ სიმძლავრეს, რომელიც შეუძლია განაეითაროს წყალსაცავის ზედაპირზე დაცემულმა ნალექებმა წყალსაცავის დონიდან მის ფსკერამდე

ვარდნის დროს. როგორც აღნიშნული იყო, ამ წვერს შეიძლება ჰქონდეს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ნიშანი.

ერთად აღებული უკანასკნელი სამი წვერი (12) განტოლებისა წარმოადგენს იმ ენერჯიას, რომელიც შეესაბამება განსახილველ უბანზე მდინარეში ჩამონადენ დამატებით ხარჯს $Q_2 - Q_1$ და მის H_1 -დან H_2 ნიშნულამდე ვარდნას. ამიტომ (12) განტოლება შეიძლება შემდეგი სახით დაიწეროს:

$$N_{\Sigma} = 9.8 \int_{H_1}^{H_2} Q_1 dH + 9.8 \int_{H_1}^{H_2} (Q_2 - Q_1) dH, \quad (13)$$

თუ ერთმანეთს შევუდარებთ (13) და (1) განტოლებებს, დავინახავთ, რომ უბნის შემტორავი ნაგებობებით გამოყენებისას მისი თეორიული სიმძლავრე ჩვეულებრივი წესით გამოთვლილ სიმძლავრეზე მეტი იქნება შემდეგი სიდიდით

$$\Delta N_{\Sigma} = 9.8 \int_{H_1}^{H_2} (Q_2 - Q_1) dH. \quad (14)$$

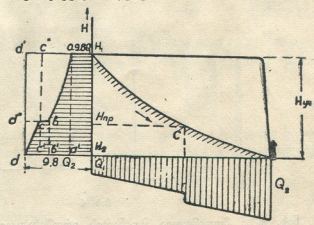
თუ უბნის (1) განტოლებით გამოთვლილ თეორიულ სიმძლავრეს აღვნიშნავთ N_{Σ} , ხოლო (14) ფორმულით — N'_{Σ} და მხედველობაში მივიღებთ, რომ (14) განტოლება დაიყვანება შემდეგ სახემდე

$$N'_{\Sigma} = 9.8 Q_2 H, \quad (15)$$

მაშინ მუდმივი ქანობის მქონე უბნისათვის, რომლის ხარჯი სიგრძის გასწვრივ თანაბრად მატულობს, შეგვიძლია დავწეროთ

$$N'_{\Sigma} = N \frac{2 Q_2}{Q_1 + Q_2}. \quad (16)$$

ნახ. 3-ზე მოცემულია გრაფიკული ილუსტრაცია მდინარის უბნის ჯამური თეორიული სიმძლავრის ცვალებადობისა მისი სხვადასხვა სქემით გამოყენებისათვის. აქ, ისე როგორც ნახ. 1-ზე, ორდინატთა ღერძის მარჯვნივ ნაჩვენებია მდინარის გრძივი პროფილი, მის ქვემოთ — ხარჯის ცვალებადობის გრაფიკი, ხოლო ორდინატთა ღერძის მარცხნივ — 9,8Q სიდიდეები.



ნახ. 3

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ხაზი $abcd$, რომელსაც ჩვენ $\frac{dN}{dH}$ ხაზს ვუწოდებთ, წარმოადგენს იმ სიმძლავრის ცვალებადობის ეპიურას, რომელიც



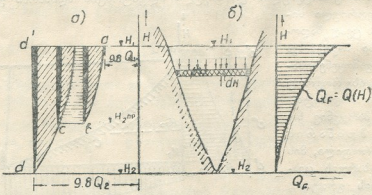
ვარდნის ერთეულზე მოდის, ხოლო დაშტრინული ფართობი H_1abcdH_2 —უბნის ჯამურ თეორიულ სიმძლავრეს, (1) ან (2) ფორმულით გამოთვლილს.

ამ უბნის ერთი დერივაციული საფეხურით გამოყენების შემთხვევაში (დანაკარგების მხედველობაში მიუღებლად) გამოიყენება სიმძლავრე, რომელიც Q_1 ხარჯს და, მაშასადამე, $H_1aa'H_2$ ფართობს შეეფერება.

თუ იგივე უბანი ორი დერივაციული საფეხურით იქნება გამოყენებული, ისე, რომ მეორე საფეხურის სათავე შენაკადის შესართავს ქვევით c წერტილში იქნება მოთავსებული, მაშინ დამატებით გამოყენებული სიმძლავრე $abcc'a'$ ფართობით განისაზღვრება. დერივაციული საფეხურების რიცხვის შემდგომი გადიდება გამოყენებული სიმძლავრის გაზრდის საშუალებას იძლევა. ეს სიმძლავრე ზღვარში უახლოვდება (1) ან (2) ფორმულით გამოთვლილ უბნის სრულ თეორიულ სიმძლავრეს.

თუ ამავე უბანს ერთ კაშხალთან მდებარე საფეხურით გამოვიყენებთ, სიმძლავრეს, რომელსაც ეს დანადგარი მოგვცემს და რომელიც (12) ფორმულით გამოითვლება, შეესაბამება $H_1d'dH_2$ ფართობი.

ანალოგიურად კაშხალთან მდებარე ორი საფეხურის შემთხვევისათვის, როდესაც მეორე საფეხურის კაშხალი შენაკადის შესართავის ქვევით c წერტილშია მოთავსებული, ორივე საფეხურის მიერ გამოყენებულ სიმძლავრეს $Hc'cd'dH_2$ ფართობი შეესაბამება, რომელიც ნაკლებია ერთსაფეხურიანი სქემით გამოყენებულ სიმძლავრეზე. ამ სიმძლავრეების სხვაობა $c'd'd'e$ ფართობით გამოისახება, კაშხალთან მდებარე საფეხურების რიცხვის შემდგომი გადიდება მოგვცემს გამოყენებული სიმძლავრის შემცირებას, რომელიც ზღვარში მიუახლოვდება უბნის იმ თეორიულ სიმძლავრეს, რომელიც (1) ან (2) ფორმულით გამოითვლება.



ნახ. 4

ნახ. 4-ზე მოცემულია მდინარის ერთშენაკადიანი უბნის თეორიული სიმძლავრის ყველა შემადგენელი ნაწილის გრაფიკული გამოსახვა მისი ერთსაფეხურიანი სქემით გამოყენებისას.

ამ დაუშტრინავი H_1abcdH_2 ფართობი გამოსახავს მდინარის უბნის მთავარი კალაპოტის სიმძლავრეს, რომელიც (12) განტოლების პირველი წევრით



გამოითვლება, ხოლო $H_1 d' d H_2$ ოთხკუთხედის ფართობი—მავე უბნის (12) ან (15) ფორმულით გამოთვლილ სიმძლავრეს. მათი სხვაობა—ფართობი $ad'dcba$ —შემდეგი ელემენტებისაგან შედგება. ჰორიზონტალური ხაზებით დაშტრიხული ფართობი შენაკადის მთავარი კალაპოტის სიმძლავრეა, შეტბორვის ღონიდან შენაკადის შესართავამდე, რომელიც (12) განტოლების მეორე წევრით გამოითვლება; დახრილი ხაზებით დაშტრიხული ფართობები მთავარი კალაპოტისა და შენაკადის ფერდობების სიმძლავრეა, რომლებიც (12) განტოლების მესამე წევრით გამოითვლება, და ბოლოს, შავად დაფერილი ფართობები, რომლებიც (12) განტოლების მეოთხე წევრს შეესაბამება, გამოხატავს იმ სიმძლავრეს, რის მოცემაც შეუძლია წყალსაცავის ზედაპირზე დაკუმულ ატმოსფერულ ნალექებს წყალსაცავის ზედაპირიდან მის ფსკერამდე ვარდნისას.

თუ ნახ. 3-ზე ან ნახ. 4-ა-ზე 9.8 Q-ს ნაცვლად $\frac{1}{367} W$ სიდიდეებს გადავზომავთ, მაშინ ხაზი $abcd$ გამოხატავს $\frac{d\mathcal{E}}{dH}$ სიდიდის ცვალებადობას, ხოლო $H_1 abcd H_2$ ფართობი — უბნის ენერჯიას.

ასევე, თუ (12), (13), (14) და (15) განტოლებებში 9.8 Q-ს ნაცვლად ჩავსვამთ $\frac{1}{367} W$, მივიღებთ უბნისა და მისი ელემენტების ენერჯის გამოსახულებებს.

ზემოთ აღნიშნული საფუძველს გვაძლევს შემდეგი დასკვნა გავაკეთოთ:

1. აუზის პოტენციალური ენერჯის მარაგის, საერთოდ მიღებულ, (5) ფორმულით გამოთვლა დასაშვებია მხოლოდ იმ კერძო შემთხვევისათვის, როდესაც ამ ენერჯის გამოყენება გათვალისწინებულია მარტო დერივაციული დანადგარებით. ზოგად შემთხვევაში აუზის ენერჯის მაქსიმალური თეორიული მარაგი უნდა გამოთვლილი იქნეს (11) ფორმულით, რომელიც წყალსაცავის მოცულობის გავლენასაც ითვალისწინებს.

2. მდინარის მთავარი კალაპოტის უბნის ენერჯის მაქსიმალური თეორიული მარაგი მიიღება მისი ერთსაფეხურიანი, კაშხალთან მდებარე, დანადგარით გამოყენების შემთხვევაში და უდრის

$$\mathcal{E}_{\text{ზა}} = \frac{1}{367} W_2 H_{\text{ზა}}. \tag{17}$$

3. მთელი მდინარის მთავარი კალაპოტისათვის (ან მისი დიდი სიგრძის მქონე უბნისათვის) ენერჯის თეორიული მარაგი უნდა გამოთვლილ იქნეს შემდეგი ფორმულით:

$$\mathcal{E}_{\text{ze}} = \frac{1}{367} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n W_i \Delta H_i + \frac{1}{367} \sum_{s=1}^k W_2 H_{\text{ზა}}, \tag{18}$$

სადაც m დერივაციული ნაგებობებით გამოსაყენებელი უბნების რიცხვია; k იმ უბნების რიცხვია, რომლებიც შემტბორავი ნაგებობებით იქნება გამოყენებული; W_2 —წყლის წლიური ჩანადენი შემტბორავი ნაგებობით გამოსაყენებელი უბნის ბოლოში; $H_{\text{ზა}}$ სრული ვარდნაა ამ უბანზე.

4. დერივაციულდანადგარებიანი საფეხურების რიცხვის გადიდება იწვევს გამოყენებული ენერგიის რაოდენობის გადიდებას, რომელიც ზღვარში (თუ დანაკარგებს მხედველობაში არ მივიღებთ) უახლოვდება (4) განტოლებით გამოთვლილი ენერგიის თეორიულ მარაგს.

5. კაშხალთან მდებარე დანადგარების რიცხვის შემცირება ადიდებს უბნის გამოსაყენებელი ენერგიის რაოდენობას და ზღვარში, როდესაც უბანი ერთი საფეხურით გამოიყენება, ეს ენერგია უახლოვდება (17) ფორმულით გამოთვლილ ენერგიის თეორიულ მარაგს. ასეთ დანადგარების რიცხვის გადიდება კი ამცირებს გამოსაყენებელი ენერგიის რაოდენობას და ზღვარში უახლოვებს მას (4) ფორმულით გამოთვლილ ენერგიის თეორიულ მარაგს.

6. კაშხალთან მდებარე დანადგარით ერთდროულად გამოიყენება როგორც მდინარის მთავარი კალაპოტის, ისე მისი შენაკადებისა და ფერდობის ენერგიის ის ნაწილიც, რომელიც მოთავსებულია აუზის შეტბორვის სიმაღლის ფარგლებში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ენერგეტიკის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.11.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. А. Мостков. Методика исследования распределения гидравлической энергии по территории. Труды Института энергетики АН ГССР, т. V, 1950.
2. Г. Г. Сванидзе. Методика исчисления гидроэнергетических ресурсов. Труды Института энергетики АН ГССР, т. V, 1950.
3. Т. Л. Золотарев. Гидроэнергетика. 1950.
4. Н. С. Калачев. Методика учета потенциальных водноэнергетических ресурсов речных бассейнов. 1950.

რ. აბლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი) და
გ. მოხოვი

მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის შესწავლა

მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის გამოკვლევა მნიშვნელოვან თეორიულ ინტერესს წარმოადგენს, რადგან ხალასი ელექტროლიტური მანგანუმის შენადნობები ჯერჯერობით ნაკლებადაა შესწავლილი.

სსრ კავშირში მანგანუმის მადნის უზარმაზარი მარაგია და, პრაქტიკული თვალსაზრისით, მანგანუმის შენადნობის ათვისებასა და ფართოდ დანერგვას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს.

სპილენძ-მანგანუმის სისტემის დნობადობის დიაგრამა პირველად შეისწავლეს რუსმა მეცნიერებმა ს. ქემჩუჟნიმ, გ. ურაზოვმა და ა. რიკოვსკოვმა 1907 წელს [1]. მათ მიერ დადგენილი ლიკვიდუსისა და სოლიდუსის ხაზები უკანასკნელ დრომდე უცვლელი დარჩა. მანგანუმის სპილენძთან მყარ მდგომარეობაში განუსაზღვრელი ხსნადობა, რომელიც ქემჩუჟნიმ და მისმა თანაავტორებმა აღმოაჩინეს, უახლესი მონაცემებით [2] მხოლოდ მაღალი ტემპერატურის დროს არსებობს. ტემპერატურის დაწვევისას მანგანუმის მყარი ხსნარი სპილენძში იშლება ალფა-ან ბეტა-მანგანუმის გამოყოფით, რომლებშიც სპილენძი პრაქტიკულად არ იხსნება (იხ. სურ. 1).

1917 წელს ს. ქემჩუჟნიმ და ვ. პეტრაშევიჩმა [3] მანგანუმის სპილენძთან შენადნობში შესანიშნავი თვისება აღმოაჩინეს, სახელდობრ, მეტად მაღალი კუთრი ელექტროწინალობა, რომელიც დიდად აღემატება სხვა შენადნობის კუთრი ელექტროწინაობას. მე-2 სურათზე წარმოდგენილია კუთრი ელექტროწინაობის დამოკიდებულება სპილენძ-მანგანუმის შენადნობის შემადგენლობასთან, რომლიდანაც ჩანს, რომ ელექტროწინაობის მაქსიმუმი 60—70% Mn ინტერვალში მდებარეობს.

ეს თვისება ამ შენადნობს მეტად ძვირფასად ხდის როგორც მასალას ელექტროტექნიკური ხელსაწყოათვის (რეოსტატი, წინალობის წყობილები, შტო, დამატებითი წინალობა და სხვ.).

მაღალი შემცველობის მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის გამოყენების ცდა არაერთგზის ჩატარებულა, მაგრამ ყოველთვის უშედეგოდ, შენადნობის ცხელ მდგომარეობაში ცუდად დამუშავებულობის გამო [4,5].

სსრ კავშირში ელექტროლიტური მანგანუმის წარმოების ათვისებამ საშუალება მოგვცა მანგანუმის შენადნობის დამზადებისათვის უფრო წმინდა ლითონი გამოვიყენოთ.

აღნიშნული ნაშრომის მიზანს შეადგენდა:

1. Mn-ის მაღალი შემცველობის მანგანუმის სპილენძთან შენადნობების ელექტროტექნიკური თვისებების შესწავლა მათი ელექტროწინალობის მასალად გამოსადეგადობის დასადგენად;

2. Mn-ის მაღალი შემცველობის მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის ჩამოსხმის, ჰედვისა და აღიდვის თვისებებზეათა შესწავლა.

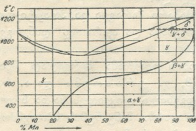
შენადნობის მომზადება და დამუშავება

წინასწარი გამოკვლევით დადგენილი იყო, რომ მანგანუმის შენადნობის დნობისათვის უფრო შესაფერისია უგულა მაღალი სიხშირის ინდუქციური ელექტროლუმელი. დნობისათვის საჭირო ტიგელები მზადდებოდა სამრეწველო ცეცხლგამძლე მაგნეზიტისაგან, სპეციალურ ფორმებში დაწნებით.

შენადნობის მოსამზადებლად გამოყენებული იყო ელექტროლიტური მანგანუმი (მანგანუმის შემცველობა მოყვანილია პირველ ცხრილში) და არანაკლებ 99,90% C₁₀ შემცველობის ელექტოლიტური სპილენძის წიკპლები და მავთულები.

მდნობად გამოყენებული იყო კრიოლითი, რომელიც ქანგვისაგან იცავს შენადნობს და არ აბინძურებს მას სხვადასხვა შენარევით.

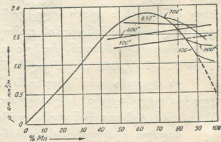
სურ. 1. სპილენძ-მანგანუმის მდგომარეობის დიაგრამა [2]



მანგანუმის მაღალი შემცველობის შენადნობის ჩამოსასხამი რაციონალური ფორმის ბოყვის არჩევის ცდებმა გვიჩვენა, რომ უფრო მოხერხებულად ჩაითვლება თავში გაგანიერებული მრგვალი კვეთის, დათბუნებული ზესადგმელიანი ბოყვი. ბოყვის ასეთმა ფორმამ საშუალება მოგვცა, შენადნობში ძლიერად გამოსახული ჩაჯდომის სიფაშრე გამოგვეჩვენებინა ნამატ ნაწილში და ჯანსაღი ზოლი მიგველო.

ჰომოგენური მოწვის რეჟიმის დადგენის ცდებმა გვიჩვენა, რომ შენადნობის ზოდების დენდრიტული სტრუქტურის (ფოტო 1) აცილებისათვის საჭიროა მათი მოწვა 24 საათის განმავლობაში 850°C ტემპერატურაზე. გამომწვარი შენადნობის სტრუქტურა ნაჩვენებია ფოტო 2-ზე.

ცხელი დამუშავების ტემპერატურული ინტერვალის დასადგენად ჩატარებულმა წინასწარმა გამოკვლევამ, რომელიც ცილინდრული ნიმუშების (დიამეტრით 12 მმ, სიმაღლით 18 მმ) სწრაფმავალ ჰიდრაულიკურ საჭედ წნეხზე დასმის გზით ჩატარდა, გვიჩვენა, რომ მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის



სურ. 2. მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის კუთრი ელექტროწინალობა [2]

წინეით ცხელი დამუშავება 850°—700 ინტერვალში წარმატებით შეიძლება ჯანხორციელდეს.

ცხრილი 1

ელექტროლიტური მანგანუმის ქიმიური შემადგენლობა

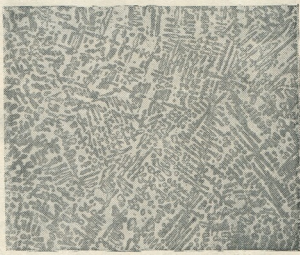
ელემენტების შემადგენლობა %/0-ით

Mn	S	C	Fe	Si	P
99,83	0,088	0,07	0,005	0,004	0,002

შენადნობის მომზადების დადგენილი ტექნოლოგიური პროცესის საფუძველზე ჩატარდა დნობის რამდენიმე სერია, რომლის შედეგად მიღებულ იქნა 65%/0-დან 69%/0-მდე მანგანუმის შემცველი შენადნობის 50-ზე მეტი ზოდი. იმის გამო, რომ ლიტერატურაში არის მითითება სპილენძ-მანგანუმის შენადნობის ელექტროტექნიკურ თვისებებზე, ალუმინისა და რკინის მცირე დანაშატების დადებითი გავლენის შესახებ, მომზადებული იყო შენადნობი 3,0%/0-მდე ალუმინისა და 1,0%/0-მდე რკინის დამატებით.

ყველა ზოდი ჰომოგენურად მოიწვა და შემდეგ მყარი ხსნარის მაღალი ტემპერატურის სტრუქტურის ფიქსაციის მიზნით ჩატარდა მათი გამოწრობა. ზედაპირის დეფექტების მოსაცილებლად ზოდები სახარატო დაზგაზე გაიჩარხა.

შედარებით დიდი მასშტაბით ჩატარებულმა ზოდების ქედვის ცდებმა გვიჩვენა, რომ 65%/0—69%/0 მანგანუმის შემცველი შენადნობი იტანს ცხელ დამუშავებას 900°—650° ტემპერატურის ინტერვალში. ალუმინის 3,5%/0-მდე და რკინის 1,0%/0-მდე დამატება შესაძინევად არ ამცირებს შენადნობის ცხელი დამუშავების უნარს.

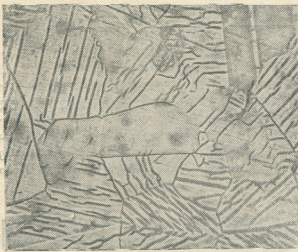


ფოტო 1. მანგანუმის შენადნობი 34% სპილენძით. სხმული. გადიდებულია 200-ჯერ

ცხელი დამუშავების ცდების შედეგად მიღებულია 9—10 მმ დიამეტრისა და 1 მეტრამდე სიგრძის წყებლები.

ქედვის დროს მიღებული ზედაპირის დეფექტების მოსაცილებლად წყებ-

ლების მოპრიალება ხდებოდა ზუმფარას წრეზე. შენადნობის შემდგომი დამუშავება—ადიდვა პობედიტის თვალაკის მეშვეობით 3,5 მ/წუთის სისწრაფის ჯაჭვური განფენილობის ჩაბრუნება ხდებოდა, შემდეგ კი 9 მ/წუთი სისწრაფის 4 მმ-მდე დიამეტრის ერთგზის დოლურ მანქანაზე. 0,30 მმ დიამეტრამდე შემდგომი გაწელება ერთგზის დოლურ მანქანებზე ტარდებოდა 40-დან 67 მ/წუთი-გაწელების სისწრაფით (ადიდვისას საცხებ მასალად გამოყენებული იყო როგორც ცვილი, ისე საპნის ფხვნილის გოგირდთან ნარევი).



ჩატარებული ცდებით დადგენილ იქნა, რომ მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის ადიდვა სიძნელეს არ წარმოადგენს, რადგან 9 მმ დიამეტრის წვეპლების 0,3 მმ დიამეტრის მავთულად გაწელება შეეძელით საში და ზოგჯერ მხოლოდ ორი შუალედური მოწვის დროსაც კი. 0,5% და 1,0% რკინის შემცველი შენადნობიდან მიღებული 1,93 მმ დიამეტრის მავთულის ადიდვისას მიღწეულია შემოჭიმვის უმეტესი ჯუმლი ხარისხი—96,7%, მაშინ როცა შემოჭიმვის საშუალო ხარისხი ერთი ვატარებისას დაახლოებით 20% უდრის.

ფოტო 2. მანგანუმის შენადნობი 34% სპილენძით. მოწვა 85°C 24 საათის განმავლობაში. ნაწრობი. გადიდებულია 200-ჯერ

მანგანუმ-სპილენძის შენადნობის ცხელი და ცივი დამუშავების ექსპერიმენტებში მოგვცა 1,1-დან 0,3 მმ დიამეტრის რამდენიმე ათეული კილოგრამი მავთული.

შენადნობის ელექტროტექნიკური თვისებანი

65—69%-ის შემცველი მანგანუმის შენადნობის ზუსტი ელექტროტექნიკური ხელსაწყოს და რეოსტატის მასალად გამოყენების შესაძლებლობის გამოსარკვევად ჩატარდა მიღებული მავთულის ელექტროტექნიკური თვისებების გამოკვლევა.

64,16%-იდან 69,08%-მდე მანგანუმის, 1,05%-მდე რკინის და 3,44%-მდე ალუმინის შემცველი შენადნობის კუთრი ელექტრული წინააღობის გამოკვლევა ტარდებოდა 0,69-იდან 1,13 მმ-მდე დიამეტრის ცივად ნაჭერი მავთულის ნიმუშებზე. ელექტროწინააღობის გაზომვა ხდებოდა პოტენციომეტრული მეთოდით. შენადნობის კუთრი ელექტროწინააღობა შემადგენლობის მიხედვით იცვლებოდა 1,78—1,92 ომ (მმ²) მ ზღვრებში (საშუალო მნიშვნელობა 1,85 ომ(მმ²) მ).

კუთრი ელექტროწინააღობის სიდიდეზე დეფორმაციის ხარისხის გავლენის დადგენისათვის ცდები ტარდებოდა 68,85% მანგანუმის, 29,65% სპი-

მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის შესწავლა

ლენძისა და 1,43% ალუმინის შემცველ მავთულზე, რომელმაც განიცადა აღდგა 0,704 მმ დიამეტრიდან 0,309 დიამეტრამდე. კუთრი წინალობის ზრდა ცივანაქედობის ხარჯზე (დეფორმაციის ხარისხი 80%-მდე) 2%-ს არ აღემატება.

როგორც მიღებული მონაცემებიდან ჩანს, ისეთ საყოველთაოდ სახმარო შენადნობებთან შედარებით, როგორც მანგანინი და კონსტანტანია, სპილენძ მანგანუმის სისტემის შენადნობი 4,0—4,5 ჯერ მეტი კუთრი ელექტროწინალობის მქონეა. მაგრამ მანგანუმის შენადნობმა თავისი თვისებით რომ შეძლოს უმეტესად პრეციპიტული მანგანინის შენადნობის შეცვლა, მას უნდა ჰქონდეს ელექტროწინალობის მეტად უმნიშვნელო ტემპერატურული კოეფიციენტი, ელექტროწინალობის კარგი სტაბილურობა და თერმოელექტრომაგნიტური ძალა სპილენძთან წყვილში არა უმეტეს 1 მიკროვოლტის 1°-ზე. მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის აღნიშნული თვისებების შესახებ ლიტერატურული ცნობები მეტად მცირეა ან სრულებით არ მოიპოვება.

წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტის სიდიდებზე შენადნობის შემადგენლობის გავლენის გამოკვლევა ტარდებოდა როგორც ძლიერად ცივანაქედი მავთულის ნიმუშებზე (დეფორმაციის ხარისხი 72—80%), ისე სუსტად ცივანაქედი მავთულის ნიმუშებზე (დეფორმაციის ხარისხი 20%), რომელნიც სტაბილიზირებული იყო ზეთში 170°-ზე 50 საათის განმავლობაში. სუსტად ცივანაქედი მავთულის ელექტროწინალობის საშუალო ტემპერატურული კოეფიციენტი 25—35° ინტერვალში იცვლება შემადგენლობის შესაბამისად, მანგანუმის სპილენძთან 66:34 შეფარდების დროს—0,3 · 10⁻⁵-დან და მანგანუმის სპილენძთან 70:30 შეფარდების დროს +7,0 · 10⁻⁵-მდე.

ძლიერად ცივანაქედი მავთულის ნიმუშის ტემპერატურულ კოეფიციენტებს მეტი უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს და იცვლება შემადგენლობის მიხედვით, შესაბამისად —6,0 · 10⁻⁵-დან +2 · 10⁻⁵-მდე.

წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტის სიდიდებზე ცივანაქედის გავლენის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ცივანაქედის ხარისხის ზრდასთან ერთად იცვლება ტემპერატურული კოეფიციენტის სიდიდე უფრო უარყოფითი მნიშვნელობის მიმართულებით.

ცივანაქედი მავთულის წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტის სიდიდებზე თერმული დამუშავების გავლენის შესწავლა ხდებოდა 150°, 200°, 250° და 300° ტემპერატურაზე ერთი საათის განმავლობაში მოშვებულ ნიმუშებზე. მოშვების ტემპერატურის გადიდებასთან ერთად ტემპერატურული კოეფიციენტის სიდიდე უფრო დადებითი მნიშვნელობის მიმართულებით იცვლება, ამასთან ცვლილებანი შესამჩნევად მკლავდება 200° ტემპერატურის ზევით.

გამოსაკვლევი შენადნობის ნიმუშების ელექტრული წინალობის სტაბილურობაზე ცალკეული ფაქტორების გავლენის შესწავლისათვის გამოყენებული იყო დაჩქარებითი გამოცდის სპეციალურად დამუშავებული მეთოდიკა. ამ მეთოდიკით დაკვირვება ელექტროწინალობის ცვლილებებზე ხდებოდა არა ჩვეულებრივ (ოთახის) ტემპერატურაზე, არამედ 90°, რომლის დროსაც ჩატარებულმა გამოცდამ შესაძლებლობა მოგვცა შეგვემცირებინა დრო, რაც საჭიროა შენადნობის თვისების შეცვლისადმი მიდრეკილების გამოკვლევისათვის.

შენადნობის ელექტროწინალობის სტაბილურობაზე შემადგენლობის გავლენის შესწავლა ხდებოდა ცივანაქედი 0,35 მმ დიამეტრის მავთულის ნიმუშებზე, შათი ელექტროწინალობის განზომილების საშუალებით ზეთიან თერმოსტატში 80° ტემპერატურაზე დაყოვნების პროცესში. ცდებმა გვიჩვენა, რომ უმეტეს ცვლილებას განიცდის რკინადამატებული შენადნობი ($\Delta R = +0,05\%$, 6-საათიანი გახურების დროს); ალუმინი კი ხელს უწყობს ელექტროწინალობის

სტაბილობის ზრდას (1,43%-ალუმინიანი შენადნობის $\Delta R = +0,02\%$ 6-საათიანი გახურების დროს).

ცივი ჰედვისა და თერმული დამუშავების გავლენის გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ როგორც ცივი ჰედვა, ისე ცივნიჭედი მავთულის თერმული დამუშავება (დაყოვნება 1 საათის განმავლობაში 200°—300°-ზე) 80°C ტემპერატურაზე გახურების პროცესში ძლიერ ამცირებს ელექტროწინალობის ზრდას, ე. ი. მექანიკური დამუშავება და მოშვება ხელს უწყობს ელექტროწინალობის სტაბილობის ზრდას. 65,79% მანგანუმის, 33,78% სპილენძისა და 0,32% ალუმინის შემცველი შენადნობის 4 კოკი ცივნიჭედი და შემდეგ მოშვებული მავთულის 10 საათის განმავლობაში 80°-ზე გახურებამ მოგვცა წინალობის ცვლილება საშუალოდ 0,007%-ით. აღსანიშნავია, რომ ასეთსავე ცვლილებას განიცდის ყველაზე სტაბილური პრეციპიტიული შენადნობი—მანგანიანი.

შენადნობის თერმოელექტრომაგომძრავებელი ძალების გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ამ შენადნობს სპილენძთან წყვილში თერმო ე. მ. ძ.-ის მეტად უმნიშვნელო სიდიდე აქვს, რომელიც არ აღემატება 1,0 მიკროვოლტს 1°-ზე. ალუმინის დამატება ამცირებს შენადნობის თერმოელექტრომაგომძრავებელი ძალის სიდიდეს სპილენძთან წყვილში. 1,43% ალუმინის შემცველ შენადნობს სპილენძთან წყვილში აქვს თერმო ე. მ. ძ. 0,54 მიკროვოლტი 1°-ზე.

65—60% მანგანუმის შემცველ მანგანუმის სპილენძთან შენადნობის ელექტროტენიკური თვისებების გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ აღნიშნული შენადნობი არ ჩამოუვარდება ამჟამად ფართოდ გამოყენებულ მანგანინის ტიპის პრეციპიტიულ შენადნობს, ხოლო კუთრი წინალობით 4—4,5-ჯერ მასზე წინ დგას.

შენადნობის შესამოწმებლად მაღალი ტემპერატურის პირობებში მუშაობისას სხვადასხვა შემადგენლობის მავთულის ნიმუში ხანგრძლივად დაყოვნეთ თერმოსტატებში 150°, 200°, 250°, 300° და 500° ტემპერატურაზე. ელექტროწინალობის გაზომვა ტარდებოდა თერმოსტატიდან პერიოდულად ამოღებულ და ოთახის ტემპერატურამდე გაცივებულ ნიმუშებზე.

ნიმუშის 500° ტემპერატურაზე 5—საათიანი დაყოვნება სიმყიფის გამოჩენას იწვევს, ზენაჯერი მყარი ხსნარის დაშლის პროცესის დაწყების გამო. კუთრი ელექტროწინალობა მცირდება დაახლოებით 32%-ით.

300° ტემპერატურაზე გახურება 70—70 საათის შემდეგ იწვევს შენადნობის სიმყიფის გამოჩენას და ელექტროწინალობის შემცირებას საშუალოდ 16—17%-ით.

500-საათიანი გახურება 250° ტემპერატურაზე არ იწვევს შენადნობის სიმყიფის გამოჩენას, მაგრამ ელექტროწინალობას საშუალოდ 6,5%-ით მაინც ამცირებს. 200°-ზე 1000 საათის განმავლობაში გახურებამ არ გამოიწვია ელექტროწინალობის მნიშვნელოვანი შემცირება (ელექტროწინალობის შემცირება საშუალოდ 1%-ს შეადგენს).

150°-ზე 100-საათიანი გახურებისას შენადნობის ელექტროწინალობა საშუალოდ 0,20%-ით მცირდება და შემდეგ იმდენად უმნიშვნელოდ იცვლება, რომ 5 ნიმუშისათვის მიღებული საშუალო სიდიდე $\Delta R = 0,17\%$ -ის 625—საათიანი გამოცდის შემთხვევაში მუდმივი დარჩა.

ჩატარებული ცდები ნებას იძლევა ვივარაუდოთ, რომ მანგანუმისა და სპილენძის შენადნობის ისეთი რეოსტატის (განსაკუთრებით გამშვები რეოსტატის) მასალად გამოყენება, რომელიც 100°—150° ტემპერატურაზე მუშაობს, საესებით შესაძლებელია.

მინარეების გავლენა შენადნობის პლასტიკურობაზე

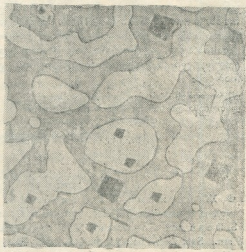
ზემოთ ნაჩვენები იყო, რომ რკინისა და ალუმინის მცირეოდენი დამატება არ იწვევს მანგანუმისა და სპილენძის შენადნობის პლასტიკურობის შესამჩნევ შემცირებას როგორც ცხელ, ისე ცივ მდგომარეობაში, ალუმინი კი ელექტროტექნიკურ თვისებებს აუმჯობესებს კიდევც (ზრდის ელექტროწინააღობის სტაბილურობას და სპილენძთან წყვილში ამცირებს შენადნობის თერმოე. მ. ძ. სიდიდეს).

მანგანუმ სპილენძის შენადნობის პლასტიკურ თვისებებზე სხვადასხვა მინარეების გავლენის შესახებ გამოთქმულია ერთმანეთის საწინააღმდეგო აზრები. 65—67% მანგანუმის შემცველი მანგანუმ-სპილენძის შენადნობის პლასტიკურობაზე ზოგიერთი შენარევის გავლენის საკითხის დაზუსტების მიზნით შენადნობს ზოდები ჩამოსხმული იყო ალუმინის, რკინის, კაჟადისა და გოგირდის დამატებით როგორც ცალ-ცალკე, ისე კომბინაციებში. ჩატარდა ზოდების ცხელი ჰედვა და ცივი გაბრტყობა.

ჩატარებული ცდების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ალუმინის 3,4%-მდე, რკინის 3,77%-მდე და გოგირდის 0,56%-მდე დამატებამ არ გამოიწვია იმ შენადნობის პლასტიკურობის თვალსაჩინო შემცირება, რომელშიც მანგანუმისა და სპილენძის ფარდობა 2:1 ტოლი იყო.

1,78% კაჟადის დამატებამ არ გააუარესა აგრეთვე შენადნობის დამუშავებადობა. შენადნობს შემადგენლობაში კაჟადის შემდგომი გაზრდა მყიფად ხდის მას როგორც ცხელ, ისე ცივ მდგომარეობაში. კაჟადის, ალუმინისა და რკინის ერთადობა დამუშავებადობის გაუარესებას იწვევს კაჟადის უფრო მცირე შემცველობისას (1,4%).

მეტალოგრაფიულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ 0,75%-დან 4,2-მდე სილიციუმის შემცველ შენადნობს ორფაზიანი სტრუქტურა აქვს (იხ. ფოტო 3), მაშინ როცა დანარჩენი შენადნობი ერთფაზიანი მყარ ხსნარს წარმოადგენს. კაჟადის რაოდენობის ზრდასთან ერთად იზრდება მეორე ფაზის შემცველობა და 4,2% სილიციუმის შემცველ შენადნობში ახალ ფაზას შლიფის 50%ზე მეტი ფართობი უჭირავს.



ფოტო 3. შენადნობი Mn:Cu=2:1 4,2% Si-ის დამატებით. მოწვა 850°-ზე 24 საათის განმავლობაში. გადიდებულია 200 ჯერ

ახალი ფაზის მიკროსისალე, რომელიც გაზომილია ხელსაწყო $PMT=3$ -ზე, 900—1200 კგ/მმ² ფარგლებში ძეგს, მაშინ როცა მანგანუმის სპილენძში მყარი ხსნარის (შენადნობის ძირითადი სტრუქტურული შედგენილობა) სისალე $H_B=100-120$ კგ/მმ²-ს უდრის.

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ 2,3% Si შემცველობის მანგანუმის შენადნობს, რომელიც დიდი სამყიფით ხასიათდება, ისეთივე სისალე აქვს, როგორც ახალ ფაზას (800—900 კგ/მმ²).

ამგვარად, ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ მანგანუმ-სპილენძის შენადნობის დაბალი პლასტიკურობის მიზეზად მასში მინარევი კაჟბადის არსებობა უნდა ჩაითვალოს. 3,4%-მდე ალუმინისა და 3,8%-მდე რკინის შენარევი დამუშავებლობის თვალსაზრისით საზიანოდ არ ითვლება, რადგან შენადნობი ამ დროს ერთფაზიანი რჩება.

შენადნობში გოგირდის უმნიშვნელო რაოდენობის (0,3%-მდე) მანგანუმის სულფიდის სახით არსებობა საზიანო მინარევად არ ჩაითვლება, რადგან ამ ჩანართის სიდიდე და განლაგების ხასიათი შენადნობის პლასტიკური დეფორმაციის პროცესში დიდ როლს არ თამაშობს.

დასკვნა

გამოკვლეულია მანგანუმის სპილენძთან მალალომური, 65—70%-ის შემცველი მანგანუმის შენადნობის დამზადებისა და დამუშავების თავისებურება. დადგენილია, რომ აღნიშნული შენადნობები კარგად ეგუება როგორც ცხელ, ისე ცივ მდგომარეობაში დამუშავებას. დამუშავებულია და მსხვილი მასშტაბის ცდებით შემოწმებულია მანგანუმის სპილენძთან შენადნობისაგან მიღებული ნაწარმის (მავთულის) წარმოების პროცესი.

ელექტროტექნიკური თვისებების გამოკვლევა დადგენილია, რომ 65—69% შემცველ მანგანუმის შენადნობს აქვს: 1) კუთრი ელექტროწინაობა $\rho = 1,78 + 1,92 \text{ მმ}^2$; 2) 25—35° ინტერვალში ელექტროწინაობის ტემპერატურული კოეფიციენტი $-6,10^{-5}$ -იდან $+6,10^{-5}$ -მდე; 3) თერმო ე. მ. ძ. სპილენძთან წყვილში არა უმეტეს 1 მიკროვოლტი 1°-ზე; 4) ელექტროწინაობის საკმარისი სტაბილურობა დროში.

გამოკვლეულია ალუმინის, რკინის, კაჟბადისა და გოგირდის მინარევის გავლენა შენადნობის პლასტიკურ თვისებებზე. დადგენილია, რომ შენადნობის პლასტიკურობის გაუარესებას იწვევს კაჟბადის შემცველობა (0,2—0,3%-ზე მეტი) და არა ალუმინი და რკინა, როგორც ეს წინათ იყო მიღებული.

დასასრულ, ავტორები მადლობას უცხადებენ ვ. ბერეჟიანს ამ შრომის ცალკეული ნაწილების შესრულების დროს კონსულტაციისა და დახმარებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 3.10.1953)

დავოყმაღული ლიტერატურა

1. С. Ф. Жемчужный, Г. Г. Уразов и А. Е. Рыковсков. Сплавы марганца с медью и никелем. ЖРХО, том 39, 1907, стр. 787.
2. R. S. Dean and co-workers. The copper-manganese equilibrium system. Trans. am. Soc. met., vol. 34, p. 443, 1945; The electrical resistivity and temperature coefficient of resistance of coppermanganese alloys. Trans. am. Soc. met., vol. 40, p. 381, 1948.
3. С. Ф. Жемчужный и В. К. Петрашевич. Электропроводность и твердость марганцевомедных сплавов. Изв. СФХА, том, 13, 1940, стр. 378.
4. М. П. Славинский, А. П. Беляев и Р. Р. Спрыжатииков. Исследование обрабатываемости медномарганцевых сплавов высокого электросопротивления. Металлург, том 2, 1932, стр. 3.
5. Н. И. Корнев, О сплавах марганца с медью. Изв. Сектора физико-химического анализа, том II, 1938, стр. 47.

ფიზიოლოგია

ა. როიტბაკი

დაუნარკოზიზმული კატის თავის ტვინის დიდი ჰემისფეროების
ქმარის ბიოელექტრული მუშაობები ბგერით გალიზიანებაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 17.9.1953)

ჩვენს დროში დაუნარკოზიზმული ცხოველების (კატა, ძაღლი) დიდი ტვინის ქერქის ბიოელექტრულ პოტენციალთა რეგისტრაციისათვის სხვადასხვა ტიპის ე. წ. „ქრონიკულ ელექტროდებს“ ხმარობენ, რომლებსაც ათავსებენ თავის ტვინის მაგარ გარსზე და ამა თუ იმ წესით ამაგრებენ ქალას ძვალში [1,2]. ამ გზით ქერქის სხვადასხვა მდგომარეობის დროს (ღვიძილის, ძილის, ქერქზე სხვადასხვა სანარკოზი ნივთიერებათა მოქმედებისა და სხვ.) მიღებული შედეგები რეგისტრირებულია ცხოველთა ელექტროკორტიკოგრაფებში. შესწავლილია აგრეთვე პერიფერიულ გალიზიანებათა გავლენა ქერქზე. ამ უკანასკნელი საკითხის შესწავლისადმი მიძღვნილ შრომათა ანალიზით გამოიჩვენა, რომ სხვადასხვა პერიფერიულ გალიზიანებათა მოქმედების შედეგად (ტაქტილური, სმენითი, ყნოსვითი) წარმოიქმნება ქერქული ბიოელექტრული აქტივობის ერთგვაროვანი ცვლილებები: შედარებით ნელი პოტენციალის რხევები ადგილს უთმობენ შედარებით ჩქარ რხევას. ქერქის იმ მიდამოებში, რომლებზედაც მოქმედებდა სათანადო გალიზიანება, არავითარი სპეციფიკური თავისებურებანი ბიოელექტრული რეაქციის მხრივ არ არის აღმოჩენილი, კერძოდ, ბგერითი გალიზიანების საპასუხოდ ქერქის სმენის ფარგალში არავის უნახავს რაიმე თავისებური ბიოელექტრული ცვლილებები [2]. ამგვარად, პერიფერიული გალიზიანების საპასუხოდ ჩვეულებრივ აწარმოებდნენ ხოლმე ქერქის ელექტრული აქტივობის⁽¹⁾ მხოლოდ ზოგადი ცვლილებების რეგისტრაციას; ასეთივე მდგომარეობა იყო იმ შემთხვევაშიც, როდესაც ამა თუ იმ პერიფერიულ გალიზიანებას გამოიყენებდნენ პირობით-რეფლექსური რეაქციის სიგნალად [3].

(1) უნდა აღინიშნოს, რომ ჯასპერი [4] ქრონიკულად ჩანერგილი ელექტროდების მქონე კატაზე მოციმციმე შუქის საპასუხოდ ქერქის სმენის ფარგლიდან აღრიცხავდა ციმციმის რიტმით აღმოცენებულ ბიოელექტრულ პოტენციალებს.

გერშენიმ და ტონკინმა [5] მხოლოდ ერთ შემთხვევაში შეძლეს მძინარე ცხოველზე ქერქის სმენის ფარგლიდან (ქერქზე განლაგებული წვრილი ბიპოლარული ქრონიკული ელექტროდების საშუალებით) ბგერითი ძვერების საპასუხოდ რეაქციის აღრიცხვა. რეაქცია გამოიხატებოდა მცირე უარყოფითი რხევის (15 μ V) სახით. მაგრამ, როგორც ამას ქვემოთ დავინახავთ, ავტორებმა შეძლეს სრულიად მართებული დასკვნის გაკეთება იმის თაობაზე, რომ დაუნარკოზებულ ცხოველებში შესაძლოა „პირველადი პასუხის“ მიღება.

მწვავე ცდებში, როცა დიდი ტვინის ქერქი გაშიშვლებულია, გარკვეული ქერქული მიდამოებიდან (კატეზზე—ექტოსილვიის წინა ხვეულის უკანა-ნაწილიდან, ექტოსილვიის შუა ხვეულიდან და სილვიის ხვეულის ზედა ნაწილიდან) ბგერით გალიზიანებათა საპასუხოდ აღირიცხება დამახასიათებელი ბიოელექტრული ეფექტები, რომლებიც დაწვრილებით არის გამოკვლეული უკანასკნელი 15 წლის განმავლობაში [6,7,8]. დანარკოზებულ ცხოველებზე ან ისეთ ცხოველებზე, რომლებსაც გადაჭრილი აქვთ ტვინი ზურგისა და მოგრძო ტვინის საზღვარზე, ცალკეული ბგერითი ძგერები ასეთ ქერქულ სურათს იძლევა: 7—15 მილისეკუნდის ფარული პერიოდით აღმოცენდება ბიოელექტრული პოტენციალის დადებითი რხევა. ეს დამახასიათებელი ეფექტია მისული აფერენტული იმპულსების საპასუხოდ.

დადგენილია, რომ პოტენციალის დადებითი რხევა გამოხატავს აქტიურ მდგომარეობას ქერქის IV და III შრეთა უჯრედებისას, რომლებშიაც აფერენტულ ბოკკოთა სინაფსურ დაბოლოებათა იმპულსების ზეგავლენით აღმოცენდება ლოკალური აგზნება. დადებით რხევას გარკვეულ პირობებში უარყოფითი რხევა მოჰყვება ხოლმე. უნდა დავასკვნათ, რომ უარყოფითი რხევა გამოხატავს ქერქის ზედაპირულ შრეთა აქტივაციას IV და III შრეებში აგზნებულ ნეირონთა იმპულსების ზეგავლენით (როიტბაკი). თუ გალიზიანება გავახშირეთ 1-დან 100-მდე ერთ წამში, შეიძლება ვნახოთ ბიოელექტრულ ეფექტთა სხვადასხვაგვარი კანონზომიერი ცვლილებანი.

ამრიგად, მწვავე ცდებში ქერქის ზედაპირიდან სმენის ანალიზატორის მიდამოში ბგერით გალიზიანებათა საპასუხოდ აღირიცხება დამახასიათებელი ეფექტები. რატომ არ აღირიცხება ეს ეფექტები ქრონიკულ ელექტროდთა ხმარებისას? ამ საკითხის გამოსარკვევად მე ვაწარმოვე სპეციალური გამოკვლევა.

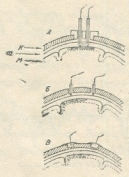
ქრონიკული ელექტროდები რომ ზედ ქერქზე მოვათავსოთ ტვინის მაგარი გარსის ქვეშ (სურ. 1, A) სმენის ანალიზატორის მიდამოში, მაშინ დაუნარკოზებულ ცხოველებზე ბგერების საპასუხოდ აღირიცხება დამახასიათებელი ბიოელექტრული ეფექტები, რომლების ნატიფი ანალიზიც კია შესაძლებელი. ამრიგად, ნორმალურ ცხოველებს პერიფერიულ გალიზიანებათა საპასუხოდ ქერქში აღმოუცენდებათ სავსებით გარკვეული პოტენციალები სათანადო ანალიზატორის მიდამოში.

მაგრამ ელექტროდები, რომლებიც პირდაპირ ტვინზე უნდა მოთავსდეს, რთული კონსტრუქციისაა, გამძლე არ არის და, რაც მთავარია, მათ შეიძლება ტვინის ქსოვილი დაზიანონ. ამის გამო საჭირო გახდა ახალი გზების ძიება დაუნარკოზებულ ცხოველებზე გალიზიანებათა საპასუხოდ უშუალოდ ქერქული ბიოელექტრული ეფექტების აღსაირიცხავად. ცდების დაყენებას ქრონიკული ელექტროდების მქონე ცხოველებზე მკვლევრები ჩვეულებრივ ოპერაციიდან რამდენიმე დღის შემდეგ იწყებდნენ, როდესაც, მათი აზრით, გავლილი უნდა იყოს ოპერაციის უშუალო შედეგები (ტვინის გალიზიანება, კრილობა და სხვ.). ამ დროს, როგორც ვთქვით, პერიფერიულ გალიზიანებათა საპასუხოდ ქერქული ბიოელექტრული ეფექტები აღარ აღირიცხება. მე ჩემი ცდებით დავ-

რწმუნდი, რომ თუ ქრონიკული ელექტროდები მოთავსებულია ტვინის მაგარ-გარსზე (სურ. 1, B) სმენის ანალიზატორის მიდამოში, პირველი 2—3 დღის განმავლობაში ოპერაციის შემდეგ შესაძლებელი ხდება ბგერის საპასუხოდ დამახასიათებელ ბიოელექტრულ ეფექტთა აღრიცხვა. ამის შემდეგ ამ ეფექტების აღრიცხვა უკვე შეუძლებელი ხდება. აღმოჩნდა, რომ ელექტროდების ქვეშ თავს იჩენს ტვინის მაგარი გარსის ანთებითი რეაქცია და ხდება ამ გარსის გამსხვილება, რის გამოც ნატიფი ბიოელექტრული ეფექტები აღარ აღირიცხება.

თითქოს ერთადერთი გზა იყო—ბიოდენთა გამოყენება თავის ქალის ძვლის ზედაპირიდან, როგორც ამას აკეთებდა პრავდინი-ნემინსკი 1913 წელს. მაგრამ თავის ქალის ძვლებიდან მეტისმეტად შესუსტებული ბიოპოტენციალები აღირიცხება და შეუძლებელია ან გაძნელებულია ელექტროკორტიკოგრამაზე პერიფერიულ გალიზიანებათა საპასუხო ეფექტების აღმოჩენა.

მე გამოვიმუშავე შემდეგი მეთოდიკა, რომელიც, როგორც ჩანს, მრავალ მოთხოვნას აკმაყოფილებს. თავის ქალას უნდა ავაცალოთ კანი, კუნთები და ძვალი ელექტროდებისათვის ამოვხვრიტოთ ბორმანქანის საშუალებით lam. vitrea-მდე. ცდის დროს ეს ჩაღრმავებები უნდა ამოვავსოთ პასტით (თიხა+CaCl₂) და ამ პასტაზე დავაკრათ ვერცხლის ფირფიტის ელექტროდები (სურ. 1, B). ასეთი ელექტროდების საშუალებით თავის ტვინიდან გაცილებით უფრო მაღალი ამპლიტუდის ბიოპოტენციალები აღირიცხება, ვიდრე ჩვეულებრივი ქრონიკული ელექტროდებით და, რაც მთავარია, ასეთი ელექტროდების საშუალებით აღირიცხება პერიფერიულ გალიზიანებათა საპასუხოდ აღმოცენებული ეფექტები. ამ მეთოდიკის საშუალებით შესაძლებელი ხდება ბიოპოტენციალთა ერთდროული რეგისტრაცია ქერქის მრავალი მიდამოდან; ამ მეთოდიკით თავიდან არიდებულია თავის ქალის ღრუში შეჭრა და ექსპერიმენტირებისათვის დიდი შესაძლებლობები იქმნება.



სურ. 1. A—ქერქულ პოტენციალთა გამოყვანის სქემატური გამოხატულება ქრონიკულ ელექტროდთა ზედ თავის ტვინის ქერქზე განლაგების პირობებში. B—ქერქულ პოტენციალთა გამოყვანის სქემატური გამოხატულება, როცა ქრონიკული ელექტროდები ტვინის მაგარ გარსზე მოთავსებული. C—ქერქულ პოტენციალთა გამოყვანის სქემატური გამოხატულება თავის ქალის დაზიანების გარეშე. K—ძვალი; T—ტვინის მაგარი გარსი; M—დიდი ტვინის ქერქი; დაზაზულია სმენის ქერქული საპროექციო მიდამო.

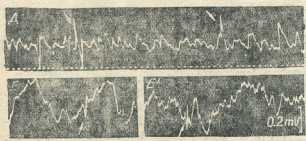
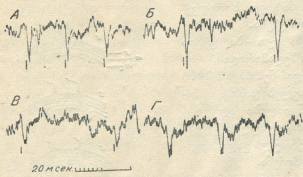
ცდების შედეგები და მათი განხილვა

ნორმალურ კატაზე დიდი ტვინის ქერქის განსაზღვრულ მიდამოში ბგერით გალიზიანებათა საპასუხოდ (ბგერითი ძგერა, ტაში, მეტრონომის რახუნი, სტვენა, ტონები, ხმაური) შეიძლება აღირიცხოს განსაზღვრული ბიოელექტრული პოტენციალები. ეს პოტენციალები აღირიცხება იმავე მიდამო-



დან, რომლიდანაც მწვავე ცდის დროს—ახილი ტენის ქერქის შემთხვევაში, ე. ი. იმ მიდამოდან, სადაც სმენის ორგანოსთან დაკავშირებული ბოკოები პროეცირდება და რომელსაც გარკვეული ციტოარქიტექტონიკა გააჩნია [7].

თუ ცალი ელექტროდი ქერქის ზედაპირზეა აღნიშნულ მიდამოში მოთავსებული, მეორე ელექტროდი კი ამ მიდამოს გარეთ არის (მაგალითად, ექტოსილვის ხვეულის უკანა ნაწილში ან სუპრასილვის ხვეულზე), მაშინ ბგერითა საპასუხოდ აღმოცენდება იმის მსგავსი ეფექტები, როგორიც მწვავე ცდებში აღირიცხება (სურ. 2 A, B და სხვები). თუ ორივე ელექტროდი მოთავსებულია სმენის მიდამოში, მაშინ ბგერათა საპასუხოდ ორფაზიანი ეფექტები აღირიცხება (სურ. 2, A).



სურ. 2.—ჩანაწერები A—Г მიღებულია კატა № 3-ზე; ბიოდენტა გამოყვანა ნაწარმოებია სურ. 1-ზე ნაჩვენები სქემა B-ს მიხედვით. კატა წყნარად ზის. A—ბგერითი ძვრების ეფექტი.—ძვერა გამოიწვევა ტელეფონებზე 10 მილსეკუნდის ხანგრძლიობის იმპულსთა მიწოდებით. B—იგივე უფრო მძლავრი იმპულსებისას. B—იმპულსთა ძალა იგივეა, რაც ცდა B-ში, ნხოლოდ ხანგრძლიობა 1 მილსეკუნდია. Г—რიტმული ტაშით მიღებული ეფექტი. A—Г-ში შორუდის ძირს დაშვება აღნიშნავს დადებით ფაზას აქტიური ელექტროდის ქვეშ. ვერტიკალური ხაზებით აღინიშნება ბგერითი გალიზიანების მომენტები. ჩანაწერი D მიღებულია კატა № 8-ზე. ბიოდენტა გაყვანა აქ ნაწარმოებია სურ. 1-ის სქემა A-ს მიხედვით, ე. ი. ქრონიკული ელექტროდები (პოლუსთა შუა 1,2 მმ-ის მანძილით) მოთავსებულია სმენის მიდამოს ზედ ქერქულ ზედაპირზე. კატა წყნარად ზის. ეფექტი მიღებულია მეტრონომის რაზუნის საპასუხოდ. ჩანაწერები E და E' მიღებულია კატა № 9-ზე. ბიოდენტა გამოყვანა ნაწარმოებია სურ. 1-ის სქემა B-ს მიხედვით; E—ბგერითი ძვრის ეფექტია; კატას სძინავს; E' აგრეთვე ბგერითი ძვრით მიღებული ეფექტია, კატა მღვიძარაა.

როითა საპასუხოდ აღმოცენდება იმის მსგავსი ეფექტები, როგორიც მწვავე ცდებში აღირიცხება (სურ. 2 A, B და სხვები). თუ ორივე ელექტროდი მოთავსებულია სმენის მიდამოში, მაშინ ბგერათა საპასუხოდ ორფაზიანი ეფექტები აღირიცხება (სურ. 2, A).

1. ერთჯერადი ბგერითი ძვრის საპასუხოდ აღირიცხება შემდეგი ეფექტი: 7—15 მილსეკუნდის ფარული პერიოდით აღმოცენდება 10—40 მილსეკუნდის ხანგრძლიობის ბიოელექტრული პოტენციალის დადებითი რხევა, რომლის ამპლიტუდა 60—120 μV -ს აღწევს. ასეთი ეფექტები კანონზომიერად აღმოცენდება ყოველი ძვრის საპასუხოდ და მკვეთრად გამოეჩევა ე. წ. „სპონტანური“ ელექტრული აქტივობის ფონზე (სურ. 2, A—B).

ამრიგად, მღვიძარე ნორმალური ცხოველის ბიოელექტრული



ლი ქერქული რეაქცია ბგერითი ძგერის საპასუხოდ შეიძლება პოტენციალის ნელი დადებითი რხევის წარმოქმნით განისაზღვროს. ნორმალური ცხოველის ქერქულ ნეირონთა ბიოელექტრული რეაქცია, ჩვენი ცდის მიხედვით, იწყება 7—15 მილისეკუნდის შემდეგ ბგერითი გალიზიანების მიწოდებიდან; ეს რეაქცია გამოიხატება ნეირონთა IV და III შრეებში ლოკალური აგზნების აღმოცენებით და იგი ქერქულ ნეირონთა ჩვეულებრივი რეაქციაა მათთან მოსულ აფერენტულ იმპულსთა პასუხად.

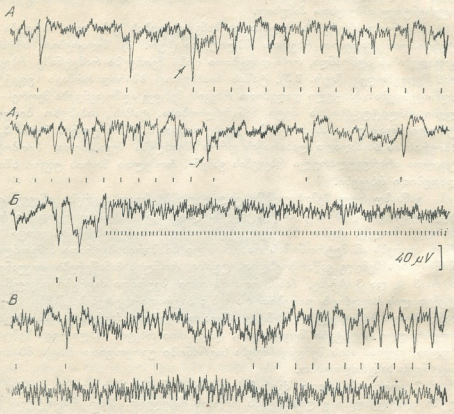
ბგერითი ძგერების ძალისა და ხანგრძლიობის გაზრდით იზრდება პოტენციალის დადებით რხევათა ამპლიტუდა (სურ. 2). შედარებით სწრაფად გადაღებისას აღმოჩნდა, რომ დადებითი ფაზა შეიძლება რამდენიმე რხევისაგან შედგებოდეს (სურ. 2,3). ტაშის საპასუხოდ ხშირად ორმაგი ეფექტები აღმოცენდება: პირველი დადებითი რხევის შემდეგ აღმოცენდება მეორე—ნაკლები ამპლიტუდისა და მეტი ხანგრძლიობისა. ტაშის საპასუხო ბიოელექტრული რეაქციის ხანგრძლიობა დაახლოებით 0,1 წამს უდრის (სურ. 2, Γ). ხმაურის ან ხმამაღალი ლაპარაკის დროს შეიძლება შევამჩნიოთ ბიოპოტენციალთა არარეგულარული რხევების გაჩენა, რომელთა შორის უფრო ხშირია დადებითი რხევები.

განსაზღვრულ შემთხვევებში ცალკეული ბგერითი ძგერები იწვევენ ისეთ ეფექტებს, რომლებშიაც პოტენციალის დადებით რხევას უარყოფითი რხევა მოსდევს ხოლმე. ასეთი რამ იყო, მაგალითად, იმ შემთხვევაში, როცა ბგერით ძგერებს ან მეტრონომის რახუნს მეტი სიხშირის ბგერათა ხანგრძლივად მიწოდების შემდეგ ვაწარმოებდით. ცდაში, რომლის ჩანაწერები მოყვანილია სურ. 3 A და 3 A¹-ზე, ჩანს, რომ იშვიათი ბგერითი ძგერები იწვევენ პოტენციალის საგრძნობ დადებით რხევებს; ბგერითი ძგერების (წამში 10-ჯერ) ხანგრძლივი ზემოქმედების შემდეგ იშვიათი ბგერითი ძგერების საპასუხო ბიოელექტრული ეფექტები შეცვლილია: დადებითი რხევის ამპლიტუდა შემცირებულია, მაგრამ ამის შემდეგ ჩნდება საგრძნობი უარყოფითი რხევა 80 მილისეკუნდის ხანგრძლიობით.

2. როცა ბგერითი ძგერების სიხშირე წამში 10-ს უდრის, პოტენციალები აღმოცენდება გალიზიანების რიტმის მიხედვით. მათი ამპლიტუდა უმეტეს შემთხვევაში ნაკლებია, ვიდრე წამში 1—1,5 სიხშირის მქონე ბგერათა საპასუხო ეფექტებისა (სურ. 3, A); მაგრამ ზოგ შემთხვევაში, როცა 1—1,5 სიხშირეს გადავრთავდი ხოლმე 10 სიხშირეზე, ბიოპოტენციალთა ამპლიტუდა კი არ მცირდებოდა, არამედ იზრდებოდა კიდევ (სურ. 3, B). ეს სხვადასხვაგვარი სურათი შეიძლება ერთსა და იმავე ცხოველზე ვნახოთ.

3. თუ ბგერითი ძგერების სიხშირე 50-ია წამში, მაშინ პირველი ძგერა უმეტეს შემთხვევაში იწვევს ჩვეულებრივ ეფექტს, ხოლო ყველა მომდევნო ძგერა იწვევს მკვეთრად შემცირებულ რხევებს გალიზიანების რიტმის მიხედვით (სურ. 3, B). სხვა შემთხვევაში გალიზიანების მოქმედების პირველ მომენტებში აღმოცენდება საგრძნობი პოტენციალები გალიზიანების რიტმის მიხედვით, ხოლო შემდეგ, გალიზიანების ხანგრძლიობისას, აღმოცენდება არარეგულარული ბიოელექტრული აქტივობა.

4. თუ ხანგრძლივი, მრავალწუთიანი გალიზიანებებია წამში 1—1,5 სიხ-
შირით (ბგერითი ძვერები ან მეტრონომის რახუნნი), ქერქულ საპასუხო ბიო-
პოტენციალთა ხასიათი და ოდენობა საგრძობლად არ იცვლება. ხანგრძლი-
ვი გალიზიანებისას, როცა გალიზიანების სიხშირე წამში 10 იყო, ზოგ შემ-
თხვევაში აღინიშნებოდა ბიოპოტენციალთა ამპლიტუდის რამდენიმედ შემცი-
რება, ზოგში კი, პირიქით, ამპლიტუდა იზრდებოდა კიდევ.



სურ. 3. კატა № 3. სურ. 1-ზე მოყვანილი ცდების გაგრძელება. A — ბგერითი ძვე-
რების სიხშირე ჯერ 1,5-ია წამში, მერე — 10. ისრით აღნიშნული ეფექტი აღმოცენებულია გა-
დამართვლის ბგერაზე. A¹ — წამში 10 სიხშირის მქონე გალიზიანების გაგრძელება და მისი გა-
დართვა 1,5 სიხშირეზე; ისრით აღნიშნული ეფექტი აქაც გადამართვლის ბგერაზეა მიღებული.
B — ბგერითი ძვერების სიხშირე ჯერ 10-ია წამში, შემდეგ 50. ჩანაწერი B მიღებულია მეორე
დღეს. აღირიცხება სმენის (ზედა მრუდი) და მამოძრავებელი ქერქული მიდამოების ბიოპო-
ტენციალები. ბგერი იმ ძვერების სიხშირე ჯერ 1,5-ია წამში, შემდეგ 10.

ყოველ შემთხვევაში, ბგერით გალიზიანებათა ხანგრძლივი, მრავალწუ-
თიანი პროცესებისას ეს გალიზიანებანი განაგრძობენ ქერქულ ნეირონთა ბიო-
ელექტრული რეაქციის გამოწვევას.

5. უშუალო ბიოელექტრული ეფექტები, რომლებიც აღმოცენდება ბგე-
რით გალიზიანებათა საპასუხოდ, აღირიცხება ცხოველის ბუნებრივი ძილის



დროსაც. შთაბეჭდილება ისეთია, რომ ბიოელექტრული ეფექტები ძილის დროს მარტივი ხდება (სურ. 2, E და Ж) და დანარკოზებულ ცხოველებზე მიღებულ ეფექტებს მოგვაგონებს.

6. როგორც ვთქვით, აღწერილი ბიოელექტრული პოტენციალები ქერქის განსაზღვრული მიდამოდან აღირიცხება. ქერქის სხვა მიდამოებში, მაგალითად, სუპრასილვიის ღარსა და ქერქის მამოძრავებელ ფარგალში, ბგერები არ იწვევს რაიმე უშუალო ბიოელექტრულ პოტენციალებს (სურ. 3, B).

ინტერესი, რომელიც გააჩნია აღწერილ ფაქტებს, იმაში მდგომარეობს, რომ ეს ფაქტები ნორმალურ ცხოველებზეა მიღებული; შეიძლება ვთქვათ, რომ წინამდებარე გამოკვლევის დროს აღრიცხული ბიოელექტრული პოტენციალები დიდი ტვინის ქერქის ნერვულ ელემენტთა ნორმალურ მოქმედებას გამოხატავს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მიაუწიდა 17.9.1953)

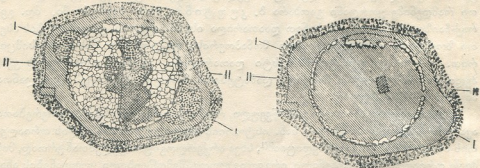
დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Б. Коган. Электрофизиологическое исследование центральных механизмов некоторых сложных рефлексов. М., 1949.
2. Л. Р. Цкипуридзе. Сравнительное изучение регулярного ритма электрических потенциалов коры больших полушарий. Труды Института физиологии Академии Наук Груз. ССР, т. 8, 1950, стр. 189.
3. И. И. Лаптев. Опыт изучения условно-рефлекторной деятельности собаки методом электроэнцефалографии. Проблемы высшей нервной деятельности. Изд. АМН ССР, 1949, стр. 47.
4. H. H. Jasper. Cortical excitatory state and synchronism in the control of bioelectric autonomous rhythms. Cold Spring Harbor symposia on quant. Biol., Vol. IV, 1936, p. 320.
5. Г. Б. Гершуни и А. В. Тонких. Электрические проявления деятельности разных отделов центральной нервной системы кошки во время сна и бодрствования. Труды Физиолог. инст. им. И. П. Павлова, т. 3, 1949, стр. 11.
6. Г. В. Гершуни. Электрофизиологический анализ деятельности слуховой системы. Физиол. Журн. СССР, т. 29, 1940, стр. 369.
7. F. Bremer. Etude Oscillographique des réponses sensorielles de l'aire acoustique corticale chez le chat. Arch. Internat. de physiol., v. 53. 1943, p. 53.
8. В. В. Артёмьев. Электрическая реакция коры мозга при действии звуковых раздражений у наркотизированных и ненаркотизированных животных. Физиол. Журн. СССР, т. 37, 1951, стр. 688.

ყორღანის ირგვლივ ერთი მეტრის სიღრმეზე გაჭრილ თხრილში გამოჩნდა ანდეზიტ-ბაზალტის წრიულად დაწყობილი 50 ლოდი. ისინი სხვადასხვა სიდიდისა იყო, 0,2 მ³-დან 0,4 მ³-დე. ყველა ლოდი საგანგებოდ კი იყო შერჩეული, მაგრამ არც ერთს დამუშავების არავითარი კვალი არ ეტყობოდა.

ყორღანის ზედაპირიდან კორდის ალების შემდეგ გამოიჩვენა, რომ მისი ყრილის უდიდესი ნაწილი სხვადასხვა სიდიდის ლოდებისაგან შედგება და მხოლოდ მის სამხრეთ-აღმოსავლეთ სექტორზეა დაყრილი შავი თიხა. ისიც გამოიჩვენა, რომ ყორღანს ირგვლივ წრედ შემორტყმულ ქვებზე დაყრილი იყო მომცრო ქვები ნახევარწრიულ გროვათა სახით—ერთი სამხრეთ-აღმოსავლეთზე და მეორე ჩრდილო-დასავლეთ უბანზე.

თუ არ ვიანგარიშებთ, რომ ყორღანის ჩრდილო ნაწილის ირგვლივ შემოწყობილი ქვების რკალი ხელოვნურადაა დარღვეული, მაშინ ყორღანის გარე წრის საშუალო რადიუსი ვარაუდით 7,7 მ უნდა იყოს.



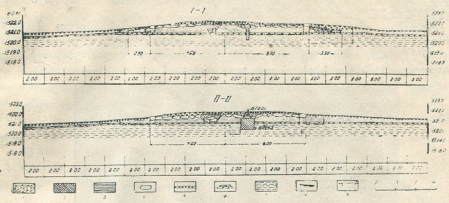
სურ. 1

ყორღანის ირგვლივ ქვები ერთპირად იყო შემოწყობილი, წრის შიგნით მდებარე ლოდები კი ზოგან ორპირადაც ეწყო. ეს ლოდები განლაგებული იყო 0,5 მ სისქე შავ თიხაზე (განამარხებულ ნიადაგზე), რომელიც თავის მხრივ ტბიურ ნალექებზე მდებარეობდა. ყორღანის მახლობლად ამოღებული საძიებო ქვის მიხედვით ტბიური ნალექების სისქე 1,5 მ აღემატებოდა (სურ. 2).

ყორღანის აღმოსავლეთ ნაწილში, ცენტრიდან დაახლოებით 2,1 მ მანძილზე, წვრილი ნატეხი ქვების ფენის ქვეშ აღმოჩნდა მარაოსებრ განლაგებული ათი ბრტყელი სამკუთხოვანი ქვა. ეს ქვები ისე იყო განლაგებული, რომ მათი ცენტრისაკენ დახრილი თავები ძაბრისებრ ჩაღრმავებას ქმნიდნენ. ამ „ძაბრში“ მოთავსებული იყო კიდევ ათი მომცრო ლოდი. ამ დაწყობილი ქვების მთელი ფართობი დაახლოებით 11 მ² უდრიდა (3,0 მ X 3,7 მ).

ამ ქვების წყობის ჩრდილო ნახევარში მიწის წმენდის დროს აღმოჩნდა ობსიდიანის დიდძალი ნატეხები, მათ შორის გრძელი ლამელების მაგვარიც. ყორღანის ირგვლივ შემოწყობილი ქვების შიგნით დაყრილი ქვების ალაგებისა და ძველი ნიადაგის გაწმენდის შემდეგ გათხრის არეზე გამოჩნდა (საფლავის) ოთხკუთხედი ორმო (2,0 მ X 1,3 მ). იგი მკვეთრად ჩანდა, რადგან

ორმო ამოჭრილი იყო ყვეთელ თიხაში, ხოლო მიცვალებულის დაკრძალვის შემდეგ ის შავი თიხით ამოვესოთ.



სურ. 2

1—ნაიდაგი, 2—შავი თიხა (ორმოს შემავსებელი), 3—შავი თიხა, 4—ანდეზიტ-ბაზალტის ლოდები (ირგვლივ შემოწყობილი), 5—მოყვითალო თიხები მსხვილი ხრეშითა და კენჭებითურთ, 6—ანდეზიტ-ბაზალტის დიდი ლოდები (ყორღანის ქვაყრილი), 7—მოყვითალო თიხები, 8—ანდეზიტ-ბაზალტის ნატეხები (ყორღანის ქვაყრილი), 9—ქვაბულის კონტური

სამარხის გაწმენდის შემდეგ მის ფსკერზე, რომელიც ყვეთელი თიხის ზედაპირიდან 0,8 მ სიღრმეზე მდებარეობდა, აღმოჩნდა ადამიანის საკმაროდ კარგად დაცული ჩონჩხი (სურ. 3).

მიცვალებული დაკრძალული უნდა ყოფილიყო მარჯვენა გვერდზე, მოკუნტული, თავით ჩრდილოეთისაკენ.

ჩონჩხი ეკუთვნოდა ძვალწერილსა და დაბალ მამაკაცს, რომელიც ახალგაზრდა გარდაცვლილა, რადგან სიბრძნის კბილები ჯერ არ ჰქონოდა ამოსული. ორმოსამარხის ჩრდილო-დასავლეთ კუთხეში თავის ქალის გვერდით აღმოჩნდა დამტვრეული თიხის ჭურჭელი, ხოლო ორმოს ჩრდილო-აღმოსავლეთ კუთხეში—მსხვილფეხა რქოსანი საქონლის ძვლების (ნეკნების) სამიოდე ათეული ნატეხი.

ყორღანი № 2 მდებარეობდა პირველი ყორღანის სამხრეთ-აღმოსავლეთით, მისგან 40—50 მეტრის მანძილზე. ზედაპირზე ისიც თითქმის შეუმჩნეველი იყო. ყორღანი მიკვლეულ იქნა მხოლოდ იმის მიხედვით, რომ კორღიანი ფენის გადახვნის გამო მის ირგვლივ და შუაში რამდენიმე დიდი ქვა გამოჩენილიყო. კორღის გადათრისა და ყორღანის ირგვლივ შემოწყობილი ქვების დაყოფებით თხრილის ამოღების შემდეგ გაშიშვლდა ქვების ისეთივე წყობა, როგორიც პირველ ყორღანს ჰქონდა. ქვაყრილი უფრო დიდი ლოდებისაგან შედგებოდა. აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ყორღანის შუა ნაწილში, დაახლოებით 2 მ² ფართობზე, ქვებს შორის განლაგებული იყო შავი თიხა,

რაც იმაზე უნდა მიუთითებდეს; რომ აქ ადამიანს ერთხელ თითქოს უკვე უთხრია მიწა.

ყორღანის გარეთა წრის რადიუსი 6,7 მ უდრიდა, ე. ი. მეორე ყორღანი პირველზე უფრო პატარა იყო (სურ. 4).

როდესაც ყორღანის ირგვლივ შემოწყობილი ქვების შიგნით მდებარე ქვაყრილი ალაგებულ იქნა, გათხრის არეზე აღმოჩნდა ჯერ შავი თიხის თხელი (0,5 მ) ფენა, ხოლო შემდეგ მის ქვეშ მდებარე, ამ შიდამოებისათვის დამახასიათებელი ძველი ტბიური ყვითელი თიხა.



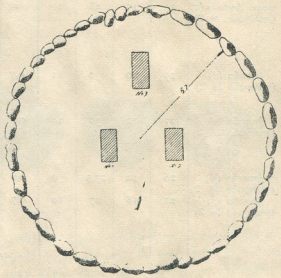
სურ. 3

შავი თიხის ფენის ალების შემდეგ ყვითელი თიხის ზედაპირზე გამოჩნდა 3 შავი, სწორკუთხოვანი ლაქა—ორი ყორღანის შუა ნაწილში და ერთიც ჩრდილო ნაწილში (სურ. 4). სამივე თითქმის ერთი ზომის იყო (0,9 მ×1,8 მ). თითოეულ მათგანზე საფანგებოდ იყო დაწყობილი დიდი ფილაქნები (ისევე, როგორც პირველ ყორღანში). ეს იყო საფლავის ორმოები.

პირველი საფლავის გაწმენდის შემდეგ მის ფსკერზე, რომელიც ყვითელი თიხის ზედაპირიდან 0,8 მ სიღრმეზე მდებარეობდა, აღმოჩნდა ადამიანის ჩონჩხის ნაშთები. პრეპარაციის შემდეგ გაირკვა, რომ თავის ქალა დაზიანებული იყო, ხერხემლის ძვლები—მტვრად ქცეული, ხოლო ლულოვანი და მენჯის ძვლები—შედარებით უკეთესად დაცული. მიუხედავად ჩონჩხის ასეთი ცუდი დაცულობისა, პოხის დადგენა მაინც შესაძლებელი გახდა: მიცვალებული დაკრძალული ყოფილა მარჯვენა გვერდზე, ფეხებმოხრილი, თავით ჩრდილოეთისაკენ; ხელები სახესთან ჰქონია მიტანილი. მიცვალებულს ყველა კბილი აღმოაჩნდა, გარდა ერთი სიბრძნის კბილისა.

თავის ქალის ჩრდილოეთით აღმოჩნდა მსხვილფეხა რქოსანი საქონლის ძვლები.

მეორე საფლავი, როგორც ზედაპირზედვე ჩანდა, გათხრილი გამოდგა, ამიტომ შიგ აღმოჩნდა მხოლოდ ადამიანის ლულოვანი ძვლების გაურკვეველი და ცუდად დაცული რამდენიმე ნატეხი (ორმოს ფსკერიდან 0,22 სიმაღლეზე, მის სამხრეთ-დასავლეთ კუთხეში) და აგრეთვე აქა-იქ კიდევ შავი თიხის მომცრო ჭურჭლის ხუთი ფრაგმენტი.



სურ. 4

მესამე საფლავის გაწმენდის შემდეგ მის ჩრდილო ნაწილში ფსკერზე აღმოჩნდა თიხის 6 ჭურჭელი: 5 დიდი და მეექვსე პატარა, რომელიც ჩადგმული იყო ყველაზე სამხრეთით მდებარე დიდ ჭურჭელში. ყველა ჭურჭელი ნატეხებად იყო ქცეული ორმოში ჩაყრილი მიწა-ქვის დაწოლით.

ჭურჭლების წინ იმავე ორმოში აღმოჩნდა აგრეთვე ცხვრის ძვლები და კბილები, ხოლო ჭურჭლების აღმოსავლეთით—მსხვილფეხა რქოსანი ცხოველის ძვლები.

ორმოს ძირზე მდებარე ყვითელი თიხა დამწვარი იყო და მის ზედაპირზე აქა-იქ ხის ნახშირის პატარა ნატეხები ეყარა. შესაძლებელია, დაკრძალვამდე, გარკვეული რიტუალის სახით, ორმოს ძირი წინასწარ ცეცხლით იყო მომწვარი.

ორივე ყორღანის გათხრით მოპოვებული თიხის ჭურჭელი ამჟამად შეკონსერვებულია⁽¹⁾ (სურ. 5). ჭურჭლების აღწერილობა და ზომები თავმოყრილია ცხრილში.

(1) ჭურჭლები აღადგინეს რესტავრატორებმა პ. ივანოვმა და ლ. წერეთელმა.

ცხრილი 1

პურჭლის სახეობა	სიმაღლე სმ	ყელის დიამეტრი სმ	მუცლის დიამეტ. სმ	ძირის დიამეტ. სმ	კედლის სისქე სმ	პურჭლის მოკლე დახასიათება
ქოთანი (a) (ყორღანი № 1) დერგი (b) (ყორღანი № 2)	25	12,5	28	11	0,7	შავბრიალა. მხარს ირგვლივ შემოუყვება ერთი ამოღარული წრეხაზი.
დიდი ქოთანი (c) (ყორღანი № 2)	45	27	48	16	1,0	მოწითალო-მოშავო. ყელის ძირზე (ერთი) და მუცელზე (ორი) შემოუყვება თოკისებური ორნამენტის წრეები.
ქოთანი (d) (ყორღანი № 2)	33	15	38	10	0,9	შავბრიალა. მხარს ირგვლივ შემოუყვება კდეული ტალღისებური ორნამენტის სამი სარტყელი, ერთიმეორისაგან წრიული ხაზებით გამოყოფილი. მუცლის არეში ერთ მხარეზე ქურჭელს ხუთი პატარა ნახვრეტი აქვს.
ქოთანი (e) (ყორღანი № 2)	29	10	32	11	0,7	შავბრიალა. მხარებს ირგვლივ შემოუყვება ოთხი ამოღარული კონცენტრული წრე. ქურჭლის ზედაპირი თითქმის აციტქნილია და ხორკლიანი.
ქოთანი (d) (ყორღანი № 2)	27	12	30	11	0,7	შავბრიალა. მხარისა და მუცლის საზღვარზე შემოუყვება კდეული, ტალღისებური ორნამენტის ორი სარტყელი, რომლებიც წყვილ-წყვილად გავლებულ წრიულ ხაზებს შორისაა მოთავსებული.
ქოთანი (g) (ყორღანი № 2)	26	12	27,5	9	0,6	შავბრიალა. მხარებს ირგვლივ შემოუყვება სამი ამოღარული წრეხაზი.
ქოთანი (g) (ყორღანი № 2)	22	18	27	10	0,7	მოწითალო-მოყავისფრო. ყელის ქვემოთ შემოუყვება კდეული ტალღისებური ორნამენტის სარტყელი, რომელსაც ქვემოთ იქვე მისდევს სამი ამოღარული წრეხაზი.

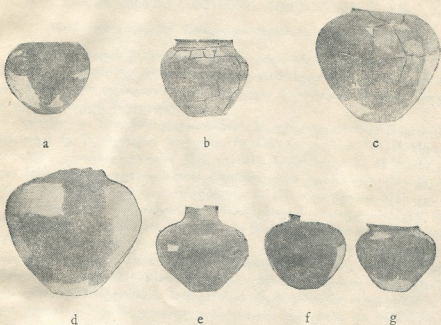
ამრიგად, ირკვევა, რომ ყორღანულ სამარხებში დაკრძალვისას მიცვალებულებსათვის ჩატანებიან თიხის ქურჭელი და ძვლიანი ხორცის ნაჭრები. სამარხში ჩატანებული ყველა თიხის ქურჭელი ერთგვარი თიხისაგანაა დამზადებული, ოღონდ სხვადასხვა ტემპერატურაზეა გამომწვარი.

ბ. კუფტინმა, რომელმაც პირველად გათხარა აღნიშნული ტიპის ყორღანული სამარხები თრიალეთში, აღნიშნა, რომ ამ ტიპის სამარხში ჩატანებული თიხის ქურჭელი ვერ პოულობს ანალოგიას იმ თიხის ქურჭლებს შორის, რომლებიც მიეკუთვნება თრიალეთის განვითარებულ ბრინჯაოს ხანისა და უფრო ძველ ყორღანებს.

ავტორის ეს დასკვნა სწორია. მართებულია ისიც, რომ ყორღანების ეს ტიპი ბ. კუფტინის სტრატეგრაფიულად თავის ადგილას აქვს მოტანილი თრიალეთის ძეგლების საერთო ქრონოლოგიურ კრილში. მაგრამ ამჟამად, როდესაც მოპოვებულია ახალი საყურადღებო მასალები ქვასათალში (სტალინის მახლობლად) და თბილისის გარეუბნებში [2], ვფიქრობთ, უფრო მეტის თქმა

შეიძლება ზემოაღნიშნულ ყორლანთა თარიღის შესახებ, ვიდრე თავის დროზე
 ჰქონდეს. კუფტინმა.

ქვასათალსა და თბილისში ამ ბოლო დროს გათხრილ სამარხებში მო-
 პოვებული კერამიკა ახლო პარალელებს პოულობს ჩვენი ექსპედიციისა და



სურ. 5

ბ. კუფტინის მიერ თრიალეთში გათხრილ ქვებ-შემოწყობილ ყორლანებში აღ-
 მოჩენილი კერამიკის სახით; ამიტომ, ჩვენი აზრით, მართებული იქნება, თუ
 თრიალეთის ექსპედიციის მიერ 1947 წელს გათხრილ, ლოდებით გარშემორ-
 ტყმულ ყორლანებს დავათარილებთ იმავე დროით, რომელსაც მიეკუთვნება
 ქვასათალსა და თბილისში აღმოჩენილი სამარხები, ე. ი. ძვ. წ. XIV—XII სს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ივ. ჯავახიშვილის სახელობის
 ისტორიის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 25.7.1953)

დამოუწყობელი ლიტერატურა

1. Б. А. Куфтин. Археологические раскопки в Триалети. Изв. АН ГССР, Тбилиси, 1941.
2. დ. ქორიძე. გვიანი ბრინჯაოს პერიოდის არქეოლოგიური ძეგლი თბილისიდან. აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის მოამბე. XVII-ბ. თბილისი, 1953, გვ. 127—154.



ბ. ბაყრინაშვილი

მარქიზის ქვაბთა ბიზმარების ტიპოლოგიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ჩიტაიამ 27.10.1953)

ქართველ ხალხს ქვაბთა გამოკვეთის დიდი ხნის ტრადიცია აქვს.

საქართველოს ტერიტორიაზე ათეულობით ხელოვნურ ქვაბთა კომპლექსებია მიკვლეული და აღნუსხული¹, რომელთა ძირითადი ნაწილის გამოკვეთა შორეულ წარსულს მიეკუთვნება.

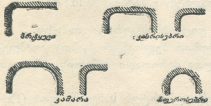
ცნობილია, რომ ქართველთა წინაპრები, ურარტუს სახელმწიფოს (IX—VIII საუკ. ძვ. წ.) მკვიდრი ხალდები, რკინის იარაღებით შესანიშნავ ციხე-დარბაზებს კვეთდნენ კლდეში ([1], გვ. 37). საქართველოში ამ ტიპის უძველესი ნიმუშია უფლისციხის საერო დანიშნულების ქვაბთა ციხე-ქალაქი, რომლის ძირითადი ნაწილი დათარიღებულია I—III საუკუნეებით ([2], გვ. 88).

საქართველოში ქრისტიანული სარწმუნოების გავრცელების (IV საუკ.) შემდეგ ქვაბთა კომპლექსების გამოკვეთაში მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა სამონასტრო მოძრაობამ, რამაც თავისებური კვალი დატოვა ქართულ ხუროთმოძღვრებაში ქვაბთა კომპლექსების მშენებლობის სახით. თამარმა „გელ-ყო აღშენებად საყოფელსა გამმარჯუებელისა მისისა ზეშთა-კურთხეულისა ვარძიისა ღმრთის-მშობელისასა, ზემოვარძიის ქუემოვარძითა მცვალებითა, რომელი კლდისაგან გამოკუთა, თუთ პატიოსანი ეკლესიაჲ და მონაზონთა საყოფი სენაკები, რომელი მტერთაგანცა შეუვალ და უბრძოლველ ყო. ესე ვარძიაჲ პირველად დაეწყო სანატრელსა მამასა მისსა გიორგის, გარნა ვერ სრულ ექმნა და დაეტევა, რომელი დიდმან ამან აღასრულა და შეამკო ყოვლითურთ და შესწირნა მრავალნი და დიდროვანი სოფელნი და შეუმზადა ტრაპეზისა შემოსავალნი დიდნი და პატიოსანი...“ ([3], გვ. 123). ამ ისტორიული ცნობიდან ჩანს, რომ ვარძიის მონასტერი დაარსებულია გიორგი III-სა და თამარის მეფობაში, ამასთან ხუროთმოძღვრების ამ ძეგლში მეტ-ნაკლებად არის ასახული მაშინდელი საქართველოს პოლიტიკურ-ეკონომიური ძლიერება.

¹ საქართველოს ქვაბთა კომპლექსებით არა ერთი მოგზაური თუ მკვლევარი დანტერესებულა. მაგრამ ამ ქვაბთა დიდი უმეტესობა მაინც არაა შესწავლილი, რადგან აქამდე პირველ რიგში ყურადღება ექცეოდა ქართული ხელოვნების სხვა უფრო მნიშვნელოვანი ძეგლების შესწავლას. ახლა კი, როდესაც ეს ძეგლები ძირითადად შესწავლილია და ქართული ხელოვნების განვითარების გზა. რამდენადმე გარკვეული, აუცილებელია ჯეროვანი ყურადღება მიექცეს ქვაბთა კომპლექსების შესწავლას, რაც საინტერესო მასალას მოგვცემდა ქართველთა საყოფაცხოვრებო სათავსოთა განვითარებაზე, ამასთან ურარტუს კულტურასთან ქართული კულტურის ნათესაობის ზოგიერთ მომენტზე.

მიუვალ ქვაბთა კომპლექსების შესწავლაში მეცნიერებისათვის დიდი დახმარების გაწევა შეუძლიათ ქართველ ალბინისტებს; დღემდე კი ალბინისტების ამ საქმეში მონაწილეობას შემთხვევითი ხასიათი აქვს. ამიტომ საჭიროა გარკვეული გეგმის მიხედვით ფართოდ ჩავაბათ მეცნიერების ამ დარგის სამსახურში ქართველი ალბინისტები.

პირველ ხანებში 'მონასტრებში' მკაცრი კანონი იყო დამკვიდრებული. მონაზვნები უბრალოდ ცხოვრობდნენ. მათ სასმელ-საჭმელის მეტად შეზღუდული ნორმა ეძლეოდათ; საცხოვრებელში ცეცხლის დანთება და სანთლის ანთება ეკრძალებოდათ ([4], გვ. 34). მონასტრის ყველა წევრი შედარებით თანასწორუფლებიანი იყო. ყოველგვარ სამონასტრო საქმიანობაში, მათ შორის ფიზიკურ შრომაშიაც, მონაწილეობას იღებდნენ. ამასთან, ასკეტიკური იდეალებიც ჯერ



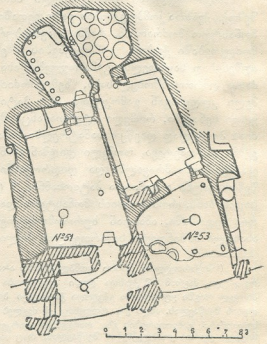
სურ. 1. ვარძია. ქვრის სახეები

მისაგან, საქმელ-სასმელისა და ჩასაცმელის დაწესებული ნორმა მზამზარეულად ეძლეოდათ. იმ დროისათვის მონასტრების შიგნით არსებობდა სოციალური დანაწილება.

პრივილეგირებული ჯგუფი — „უთავადესი ძმები“, რომელთაც კონებრივ შეძლებულებასთან ერთად რაიმე მაღალი თანამდებობა ეჭირათ, უფლებებითაც სარგებლობდნენ; და უზრუნველად ცხოვრობდნენ; „მეორე დასისა“ და „მესამე დასის“ მონაზვნები ყოველივე ამას მოკლებულნი იყვნენ, საყვებისა და ჩასაცმელის ნაკლები ნორმა ეძლეოდათ (განსაკუთრებით „მესამე დასის“ მონაზვნებს) და გაჭირვებასაც იტანდნენ.

იმ პერიოდში, როცა „მონაზონთა პრაქტიკული ცხოვრება სრული კონტრასტი იყო მათივე ალტქმისა“ ([5], გვ. 43), მოხდა ვარძიის მონასტრის გამოკვეთა. ვარძიის ქვაბთა ქალაქის სადგომთა ურთიერთ შედარების დროს, სადაც ძირითადად დაგეგმარებულია ორქვაბიანი და სამქვაბიანი სადგომები, აშკარად ჩანს ეს სოციალური უთანაბრობის სურათი, რაც ასახულია სათავსოთა დაგეგმარებაში და ხუროთმოძღვრულ ფორმებში (შეწყვილებულ ლილვებზე დაყრდნობილი ბურთულაკები ოთხკუთხედებიანი

კიდევ ხორციელდებოდა. შემდგომ, თუ შიომღვიმის ქვაბთა მონასტრის 1123 წლის და ვანისქვაბთა მონასტრის XIII საუკუნის ტიბიკონების ([5], გვ. 43, [6]) ანალოგიით ვიმსჯელებთ, მონასტრებშიც უფოდალური წესები შემოვიდა. მონასტერში შეძლებულთა შვილებმა მოიკალათეს; მონაზონთა გარკვეული ნაწილი განთავისუფლდა ფიზიკური შრო-

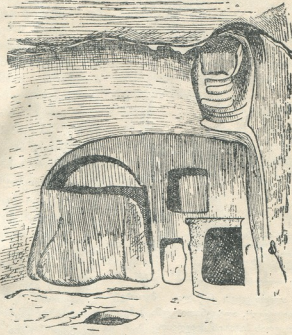


სურ. 2. ვარძია. აღმოსავლეთ ნაწილი. ორქვაბიანი სადგომი. აღდგენითი გეგმა კ. მელითაურის ნახაზის მიხედვით

სურ. 2. ვარძია. აღმოსავლეთ ნაწილი. ორქვაბიანი სადგომი. აღდგენითი გეგმა კ. მელითაურის ნახაზის მიხედვით

კაპიტელებით, ბაზებითა და სხვა). ვარძის ქვაბთა ქალაქის კლდე შდებარეობს აღმოსავლეთ-დასავლეთზე, ამიტომ ქვაბები გამოკვეთილია სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ კლდის სიღრმეში.

ვარძის ქვაბთა სადგომების წინ შექმნილი იყო სამხრეთისაკენ ღია სტოა (კარიბჭე). სტოები, დაკავშირებულნი ერთმანეთთან გვირაბებითა და კლდეში ნათალი საფეხურებით, ქმნიდნენ გადახურულ ტალანს. ტალანი, რომელიც სართულების მიხედვით ჰორიზონტალურად გასდევდა ქვაბთა ქალაქს, წარმოადგენდა სავალ ნაწილს, რომლითაც ხორციელდებოდა სადგომებს შორის კავშირი.



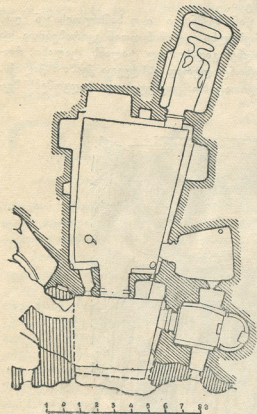
სურ. 3. ვარძია. ძირითადი სათავსო № 51. ქვრზე არსებული ბზარის წინა მზარე სრულიად ჩამოინგრა

ქვაბები დანიშნულებასა და დამუშავების მხრივ ორ ჯგუფად იყოფა—ძირითად და დამხმარე სათავსოებად.

ძირითადი სათავსოები—საზოგადოებრივი დანიშნულების (საკრებულო⁽¹⁾, სატრაპეზო და სხვა) და საცხოვრებელი დამუშავებულია წმინდა

(¹) ვარძის შესახებ არსებულ ლიტერატურაში აღნიშნულ სათავსოს „დარბაზს“ ხან „ღივანხანას“ უწოდებენ. ეს ტერმინები საერო ნაგებობის აღმნიშვნელია; ხოლო მონასტრებში „დარბაზის“ შესატყვისი არის „საკრებულო“ [8]. ამიტომ ვარძისათვის მართებული იქნება ვინმაროთ „საკრებულო“.

გეომეტრიულ ფორმებში, ღრმა ნიშებით, მარტივი საპირიანი ჩაჭრილი თაღებით, სახატეებით, საკრაქეებით, ჩამოსაჯდომი მერხებით, ტახტებით,



სურ. 4. ვარძია. აღმოსავლეთ ნაწილი, მეოთხე სართული, „საკრებულო“, აღდგენილი გეგმა 4-მეტრიანი ნახაზის მიხედვით

მაკავშირებელი ტალანი¹ (სურ. 2). ძირითად სათავსოსთან დამხმარე სათავსო გამოკვეთილია უკანა კედლის მარჯვენა ან მარცხენა ნაპირთან. ეს იმითაა გამოწვეული, რომ ძირითად სათავსოში უკანა კედლის ცალ მხარეზე ღრმა

გამოსაბმელი სასაბლეებით, ცეცხლის კერით. ამ სათავსოებს ჰქონდა კარ-ფანჯრები. კედლის ზედაპირები გამოკვეთილია სუფთად.

დამხმარე სათავსოები. სამეურნეო, საკუჭნაო თუ ფარდულები დამუშავებულია ტლანქად და მათ გეომეტრიული ფორმების სისწორეს ყურადღება ნაკლებად აქვს მიქცეული.

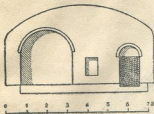
ჭერის სახეები სხვადასხვაა. ძირითად სათავსოში კამარა სფეროსებრი, პარაბოლური და კასრისებრია, დამხმარე სათავსოში კი უმთავრესად ბრტყელი (სურ. 1).

ორქვაბიანი სადგომები. ამ ტიპის სადგომები განლაგებულია მხოლოდ და მხოლოდ ერთ სწორ ხაზზე: სტოა, ძირითადი სათავსო², დამხმარე სათავსო, ე. ი. ქვაბები ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენს. ასეთი ტიპის სადგომები ვარძიაში მრავლადაა გამოკვეთილი; მათ შორის გამოირჩევა აღმოსავლეთ ნაწილის მეორე სართული, სადაც სათავსოს წინ შემორჩენილი სტოას ნიშნების მიხედვით აღდგენილ იქნა სადგომთა და-

¹ ამ ტიპის სათავსოს „სენაკი“ ეწოდება. „სენაკი“ ძველ ქართულში ოთახს ნიშნავს; დაახლოებით XI—XII საუკუნეებში მხოლოდ ბერების საცხოვრებელი ოთახის სახელად იქცა (ივ. ჯავახიშვილი, მასალები ქართველი ერის მატერიალური კულტურის ისტორიისათვის, I, 1946, გვ. 18, 19).

² ამ ადგილას ვარძიის წინა მხარის — ფასადის ყველაზე მეტი ნაწილი იყო შემორჩენილი, განსაკუთრებით № 53-ის სტოას ჭერი, საიდანაც ჩანდა, რომ სტოა ზემოდან გადახურული იყო. სამწუხაროდ, აღნიშნული სტოას დიდი ნაწილი 1953 წლის აპრილში ჩამოინგრა № 51 ძირითად სათავსოსთან ერთად (სურ. 3).

ნიშისათვის დარჩენილიყო ადგილი. აღნიშნული ორქვაბიანი სადგომი სპეციალურად განხილულია კ. მელითაურის წერილში [5].



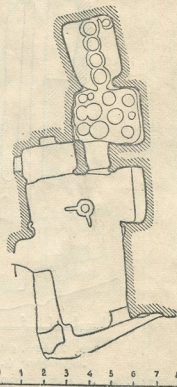
სურ. 5. ვარძია. ძირითადი სათავსოს ტიპიური უკანა კედელი

საშუალებით. აღნიშნული სადგომები გვერდიგვერდ არსად არ გვხვდება; ისინი მონასტრის სხვადასხვა ადგილებშია შექმნილი, მონაზონთა სადგომების გარკვეულ ჯგუფებს შორის. საფიქრებელია, მონაზონთა ერთი ნაწილისიხლოვისდა მიხედვით დაკავშირებული იყო ამ ტიპის სადგომთან. „საკრებულოსთან“ შემორჩენილია სტოას ნაშთი. ამ ტიპის სადგომი, რომელიც მხოლოდ საზოგადოებრივი დანიშნულებისაა, გამოკვეთილია როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ ნაწილში.

2. აქაც (სურ. 6) განვითარებულია ორქვაბიანი სადგომი (ქვაბთა ერთ სწორ ხაზზე განაწილება და ძირითადი სათავსოს უკანა კედლის სახეობა), ხოლო დამატებით დამხმარე სათავსოს უკანა კედელთან შექმნილია მეორე დამხმარე სათავსო. ე. ი. ძირითადი და დამხმარე სათავსონი ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენს. ამ ტიპის სადგომები, ისე როგორც ორქვაბიანი, საცხოვრებლად და სამეურნეო დანიშნულებისათვის უნდა ყოფილიყო გამოყენებული.

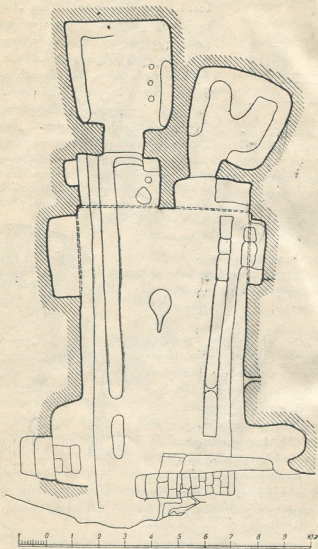
3. ამ ტიპში (სურ. 7) უკვე უარყოფილია უკანა კედელში ღრმა ნიში და მის ადგილზე გამოკვეთილია მეორე დამხმარე სათავსო, ე. ი. მესამე ტიპში დამხმარე ორი სათავსო გვერდიგვერდ არის გამოკვეთილი ძირითადი სათავსოს უკანა კედელში. ასეთი ტიპის სადგომები გამოყენებული იყო საზოგადოებრივი (მაგ. „სატრაპეზო“) და საყოფაცხოვრებო დანიშნულებისათვის აღმოსავლეთ და დასავლეთ ნაწილებში.

სამ ქვაბიანი სადგომი ოთხი ტიპისაა: 1. სადგომის ამ ტიპში (მაგ. „საკრებულო“, სურ. 4), განვითარებულია ორქვაბიანი სადგომი: უცვლელად რჩება ძირითადი სათავსოს უკანა კედლის სახეობა (ღრმა ნიში და დამხმარე სათავსოს კარი, მათ შორის თაროსათვის განკუთვნილი პატარა ნიში (სურ. 5)), ხოლო მარჯვენა კედელთან დამატებით შექმნილია მეორე დამხმარე სათავსო. „საკრებულოს“ აღმოსავლეთ მხარეზე პატარა ეკლესიაც აქვს, რომელიც მასთან გაერთიანებულია სტოას



სურ. 6. ვარძია. აღმოსავლეთი ნაწილი

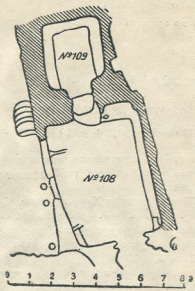
4. ამ სადგომშიც (სურ. 8,9) უარყოფილია უკანა კედლის ღრმა ნიშა; ძირითად სათავსოს უკანა კედელში ორი დამხმარე სათავსო ორსართულადაა გათოკვეთილი.



სურ. 7. ვარძია, დასავლეთ ნაწილი, მეცხრე სართული, „სატრაპეზო“ (გ. გაბაშვილის ნახაზის მიხედვით)

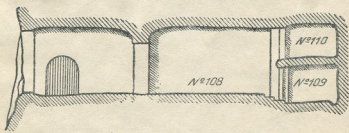
ამრიგად, ვარძიაში შექმნილია ორქვაბიანი და სამქვაბიანი სადგომები. ორქვაბიანი სადგომები (მარტივი სახეობა) წარმოადგენს სამქვაბიანი სადგომის ბირთვს, რომლის განვითარებით შექმნილია სამქვაბიანი სადგომის (რთული სახეობა) ოთხი ტიპი: 1. ორქვაბიან სადგომს აღმოსავლეთ მხარეზე

დამატებული აქვს ეკლესია და მეორე დამხმარე სათავსო, ხოლო მეორე, მესამე და მეოთხე ტიპებში შემდეგი სახითაა მოცემული: ძირითად სათავსოს-



სურ. 8. ვარძია. აღმოსავლეთი ნაწილი, მესამე სართული

თან ორი დამხმარე სათავსო მეორე ტიპში ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენენ, მესამეში გვერდიგვერდ მდებარეობენ, ხოლო მეოთხე ტიპში ერთმანეთის თავზე არიან გამოკვეთილნი. ამასთანავე ყველა ტიპის ქვაბთა



სურ. 9. ვარძია. აღმოსავლეთი ნაწილი, სქემატური კრილი (აღდგენა პირობითია)

სადგომებში კლდის პირას შექმნილია ვარძის პირობებში აუცილებელი ელემენტი სტოათა სახით, რომლებიც სართულების მიხედვით ქმნიან ტალანს. ვარძის მშენებლები შემოქმედებითად მიდგომიან ვარძის ქვაბთა ქალაქის ამოცანის გადაწყვეტას, მათ თავისი ეპოქის სოციალურ-ეკონომიური

მოთხოვნის მიხედვით შექმნეს სხვადასხვა ნაირსახეობის სადგომების ტიპები და შეიტანეს მათში დიფერენციაცია მთლიან ირქიტეტურულ ანსამბლში მათი ერთიან სისტემაში მოყვანით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის

ისტორიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 18.11.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ნ. ბერძენიშვილი, ი. ჯავახიშვილი, ს. ჯანაშია. საქართველოს ისტორია, ნაწილი I, თბილისი, 1948.
2. Ш. Я. Амиранашвили. История грузинского искусства, т. 1, Москва, 1950.
3. ისტორიანი და აზმანი შარაფანდედთანი, პროფ. კონს. კეკელიძის რედაქციითა და გამოკვლევით, თბილისი, 1941.
4. Георгий Мерчуг. Жизнь Григория Хандзтийского, С.-Петербург, 1911.
5. ბ. ლომინაძე. შიომღვიმე. საქ. სსრ. მეცნ. აკად. გამოცემა, თბილისი, 1953.
6. ვაჩანის ქვაბთა განგება, გამოსცა ლ. მუსხელიშვილმა, ტფილისი, 1939.
7. გ. მელითაური. სახლსაწყობის ერთი სახე საქართველოში. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 5, 1953.
8. ი. ჯავახიშვილი. მასალები ქართველი ერის მატერიალური კულტურის ისტორიისათვის. ტ. I, თბილისი, 1946.



რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, აკ. წერეთლის ქ. № 315
 Типография Издательства Академии Наук Грузинской ССР, ул. Ак. Церетели № 315

ბელმოწერილია დასაბეჭდად 25.1.1954

ანაწყოების ზომა 7×11

საალრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 5

ნაბეჭდი ფორმა 5,5

შეგ. 1615

უგ 01415

ტირაჟი 1000

18/23 -



და მ ტ კ ი ც მ ბ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. პრეზიდიუმის მიერ
22.10.1947

დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), გარდა ივლის-აგვისტოს თვისა — ცალკე ნაკვეთად, დაახლოებით 5 ბეჭდური თაბანის მოცულობით თითოეული. ერთი წლის ყველა ნაკვეთი (სულ 10 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერალები იბეჭდება რუსულ ენაზე მარალურ გამოცემაში.
5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღმატებოდეს 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 გასაწავლად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ სასესია გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელათ. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ ღირსება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეტლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს კურხალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენებია უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენაზე დასახელება და ადგილი მდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებზე შევსებული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრულ ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის შემთხვევაში რედაქცია უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდა, ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 50 ამონაბეჭდი (25 ამონაბეჭდი თითოეული გამოცემიდან) და თითო ცალი „მოამბის“ ნაკვეთებისა, რომლებშიც მისი წერილია მოთავსებული.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძეგლძეძის ქ., 8

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XV, № 1, 1954

Основное, грузинское издание