

524
1955



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
მ ო ე მ ბ ე

ტომი XVI, № 6

ძირითადი, ჟანრული გამოცემა

1955

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

1. ა. ვ ა ლ დ ი შ ი. ზოგიერთი მოდულარული ფორმის კოეფიციენტების ჯამების შესახებ 417

დრეკადობის თეორია

2. გ. ჩ ხ ი კ ვ ა ძ ე. შედგენილი პრიზმული ძელის წყვილძალით ირიბი ღუნვა 425

ფიზიკა

3. ვ. ქ ა ვ ქ ა ნ ი ძ ე. ურთიერთმოქმედ ბოზონ-ფერმიონული ველების განტოლებათა სისტემის საკითხისათვის 431

ბიოფიზიკა

4. დ. ღ ო ნ ღ ა ძ ე და ლ. პ ა პ ი ნ ა შ ვ ი ლ ი. თოვლის ზვავის მიერ უძრავ წინააღმდეგობაზე დარტყმით გამოწვეული ძალის გაანგარიშება 437

ქიმია

5. ლ. ჩ ი გ ო გ ი ძ ე და რ. ლ ა დ ი ძ ე. β-ქლორეთილბენზოატის მიღების ახალი პრეპარატული მეთოდი 443

ბეოგრაფია

6. პ. კ ო ვ ა ლ ი ო ვ ი. ბაქსანის ზემო ნაწილის თანამედროვე გაყინვარების ზოგიერთი ნიშანი 447

გეოლოგია

7. მ. რ თ ბ ი ნ შ ტ ე ნ ი. საქართველოს ზოგი მაგმური წარმონაქმნის აბსოლუტური ასაკის შესახებ 453

პალეონტოლოგია

8. ლ. გ ა ბ უ ნ ი ა. *Bovinae*-ს ახალი წარმომადგენელი აღმოსავლეთ საქართველოს ზედა მიოცენიდან 459

ენერგეტიკა

9. პ. შ ე ნ გ ე ლ ი ა. დაწნევის გამოყენება ხანმოკლე რეგულირების დროს 461

მეტალოგია

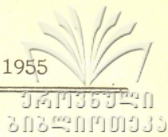
10. რ. ა ვ ლ ა ძ ე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი) და ა. გ ო ნ გ ლ ი ა შ ვ ი ლ ი. ელექტროლიზით რკინის მიღების საკითხისათვის 467
11. ფ. თ ა ვ ა ძ ე, ქ. დ ო ლ ი ა შ ვ ი ლ ი და მ. ნ ა ბ ი ტ ვ რ ი შ ვ ი ლ ი. თერმული დამუშავების გავლენა მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების მდგრადობაზე 475

ექსპერიმენტული მედიცინა

12. გ. გ ზ ი რ ი შ ვ ი ლ ი. სისხლის ქლორიდების რაოდენობრივი ცვლილებები ცთომილი ნერვების გადაკვეთის შემდეგ 481

ხელოვნების ისტორია

13. ლ. შ ე რ ვ ა შ ი ძ ე. „ვეფხისტყაოსნის“ 1646 წლის ხელნაწერის მინიატურების ავტორობის შესახებ 487



მათემატიკა

ა. ვალფიში

ზოგიერთი მოდულარული ფორმის კოეფიციენტების ჯამების
შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 7.1.1955)

წინამდებარე შრომაში n, N აღნიშნავს დადებით მთელ რიცხვებს; h, q, t, u, σ — ნამდვილ რიცხვებს; d, g, j, l, p, v, y — დადებით რიცხვებს; $k \equiv 2, x \equiv 1, 0 < \varepsilon < 1$; b, c, w, z აღნიშნავს კომპლექსურ რიცხვებს; $\tau = u + vi, s = \sigma + ti$. საჭიროების შემთხვევაში, ამ ასოებს ვიხმართ ინდექსებითა და აქცენტებით. ვთქვათ,

$$\exp(z) = e^z, \quad e(z) = \exp(2\pi iz).$$

შემდეგ,

$$F(\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} c_n e\left(\frac{n\tau}{N}\right) \quad (1)$$

წარმოადგენს $-k$ განზომილების, N ზუსტი საფეხურისა და მულტიპლიკატორთა რომელიღაც სისტემის ნებისმიერი მთელი მოდულარული ფორმის $e\left(\frac{\tau}{N}\right)$ რიცხვის ხარისხების მიხედვით გამწკრივებას, რომელიც ნულად იქცევა ფუნდამენტალური არის ყველა რაციონალურ წვეროში, მაგრამ იგივეურად ნულის ტოლი არ არის. ასეთ მოდულარულ ფორმას უბრალოდ ვუწოდოთ ნულფორმა, ამასთანავე ნულფორმა უმულტიპლიკატორად, თუ მისი ყველა მულტიპლიკატორი ერთის ტოლია. ნულფორმის განსაზღვრა მოცემულია პეტერსონთან ([6], გვ. 217). აღვნიშნოთ

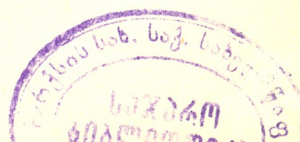
$$C(x) = \sum_{1 \leq n \leq x} c_n, \quad C[x] = \sum_{1 \leq n \leq x} |c_n|. \quad (2)$$

a_1, a_2, a_3 შესაფერი დადებითი რიცხვებია, რომლებიც დამოკიდებულია მართო $F(\tau)$ -ზე. B ასოთი უინდექსოდ აღინიშნება რიცხვები, რომელთა მოდულები არ აღემატება a_n რიცხვთა ტიპის საზღვრებს. თუ z არ არის უარყოფითი რიცხვი ან ნული, მაშინ

$$z^h = \exp(h \log z), \quad |\operatorname{Im} \log z| < \pi; \quad (3)$$

მაგალითად,

$$\left(\frac{Ny i}{2\pi}\right)^{-k} = \left(\frac{Ny}{2\pi}\right)^{-k} e\left(-\frac{k}{4}\right).$$



ამავე სახელწოდების შრომაში [8] მთელი რიცხვითი განზომილების უმულტიპლიკატორო ნულფორმისათვის დამტკიცებულ იქნა შეფასება

$$\int_1^x |C(y)|^2 dy = a_1 x^{\frac{k+1}{2}} + Bx^k \log^2 2x, \tag{4}$$

საიდანაც, კერძოდ, გამომდინარეობდა

$$C(x) = O\left(x^{\frac{k}{2} - \frac{1}{4}}\right). \tag{5}$$

(4) ფორმულის დამტკიცება მაინც ძალაში რჩება, რაიმე ცვლილების გარეშე, ჩვენს ზოგად შემთხვევაშიც, როცა k ნებისმიერი ნამდვილი რიცხვია ≥ 2 და გვაქვს მულტიპლიკატორები. ასევე ჰქვამს ფორმულები, რომლებსაც ქვემოთ ვიმოწმებთ, მიღებულ იქნა ასეთი კერძო სახის ნულფორმებისათვის, მაგრამ მათი დამტკიცება ძალაში რჩება ჩვენს ზოგად შემთხვევაშიც (ამას უჭრადლება მიაქცია ჯერ კიდევ პეტერსონმა [6], გვ. 230).

წინამდებარე წერილში მოცემულია (5) შეფასების სხვა, უშუალო დამტკიცება, ამასთანავე მიიღება რამდენადმე უფრო ზუსტი შედეგი. რამდენადაც $F(\tau)$ არის k განზომილების, N საფეხურის ნულფორმა, ამიტომ $\tau^k F(\tau)$ შეიძლება გავამწკრივოთ $e\left(-\frac{1}{N\tau}\right)$ -ს ხარისხების მიხედვით მუდმივი წევრის გარეშე, ვთქვათ,

$$\tau^k F(\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n e\left(-\frac{n}{N\tau}\right). \tag{6}$$

ამას გარდა (ჰეიკე, [2], გვ. 221),

$$F(\tau) = Bv^{-\frac{k}{2}}. \tag{7}$$

შემდგომ გამოყენებულ იქნება მხოლოდ $F(\tau)$ ფუნქციის გაშლა (1), (6) ხარისხოვან მწკრივებად და (7) შეფასება. ამიტომ ჩვენი მსჯელობა ვრცელდება ნებისმიერ ფუნქციებზე, რომელნიც ამ სამ პირობას აკმაყოფილებენ მაშინაც კი, როდესაც ისინი არ წარმოადგენენ მოდულარულ ფორმებს. (7) და (3) ძალით,

$$\tau^k F(\tau) = B(u^2 + v^2)^{\frac{k}{2}} v^{-\frac{k}{2}} = Bv'^{-\frac{k}{2}} \left(-\frac{1}{\tau} = u' + v'i\right). \tag{8}$$

(1), (2), (6), (7) და (8)-დან მიიღება შეფასებები ([2], გვ. 222; [3], გვ. 8)

$$c_n = Bn^{\frac{k}{2}}, \quad C[x] = Bx^{\frac{k}{2} + \frac{1}{2}}, \quad b_n = Bn^{\frac{k}{2}}, \tag{9-11}$$

$$\sum_{1 \leq n \leq x} |b_n| = Bx^{\frac{k}{2} + \frac{1}{2}}. \tag{12}$$

(10)-ის საფუძველზე, მწკრივი

$$Z(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{c_n}{n^s} \quad (13)$$

აბსოლუტურად კრებადია $\sigma > \frac{k}{2} + \frac{1}{2}$ ნახევარსიბრტყეში და მასში წარმოადგენს რეგულარულ ფუნქციას. ამ ფუნქციის შესახებ დავამტკიცოთ შემდეგი ლემა:

ლემა 1. $Z(s)$ მთელი ფუნქციაა. თუ $\sigma < \frac{k}{2} - \frac{1}{2}$, მაშინ

$$\Gamma(s) Z(s) = i^{-k} \left(\frac{N}{2\pi}\right)^{k-2s} \Gamma(k-s) \sum_{n=1}^{\infty} b_n n^{s-k}, \quad (14)$$

ამასთან მწკრივი მარჯვენა ნაწილში აბსოლუტურად კრებადია.

დამტკიცება ამ ლემის მიმდინარეობს ძეტაფუნქციის ფუნქციონალური განტოლების რიმანის ერთ-ერთი დამტკიცების ნიმუშით (იხ. ტიტჩ-მარში [7], გვ. 29—31 და ჰარდი [1], გვ. 173). ვთქვათ,

$$\frac{2\pi i\tau}{N} = -w, \quad (15)$$

საიდანაც w წარმოადგენს ნებისმიერ რიცხვს დადებითი ნამდვილი ნაწილით. მაშინ, (1)-ის საფუძველზე,

$$F(\tau) = H(w) = \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{-nw}. \quad (16)$$

ახლა ვაჩვენოთ, რომ

$$\begin{aligned} H(y) &= B \exp\left(-\frac{1}{N^2 y}\right), \quad \text{თუ } 0 < y \leq 1, \\ &= B \exp\left(-\frac{1}{2} y\right), \quad \text{თუ } y > 1. \end{aligned} \quad (17)$$

(15), (16) და (6)-ის ძალით,

$$H(y) = F\left(\frac{Ny i}{2\pi}\right) = \left(\frac{Ny i}{2\pi}\right)^{-k} \sum_{n=1}^{\infty} b_n \exp\left(-\frac{4\pi^2 n}{N^2 y}\right). \quad (18)$$

აქედან, თუ $0 < y \leq 1$, მაშინ, (11)-ის თანახმად,

$$\begin{aligned} H(y) &= B y^{-k} \sum_{n=1}^{\infty} n^{\frac{k}{2}} \exp\left(-\frac{4\pi^2 n}{N^2 y}\right) = B y^{-k} \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left(-\frac{2n}{N^2 y}\right) \\ &= B y^{-k} \exp\left(-\frac{2}{N^2 y}\right) = B \exp\left(-\frac{1}{N^2 y}\right). \end{aligned}$$

თუკი $y > 1$, მაშინ, (16) და (9)-ის ძალით,

$$H(y) = B \sum_{n=1}^{\infty} n^{\frac{k}{2}} e^{-ny} = B \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left(-\frac{1}{2} ny\right) = B \exp\left(-\frac{1}{2} y\right).$$

ამით (17) შეფასებები დამტკიცებულია. როცა $\sigma > \frac{k}{2} + \frac{1}{2}$, (16)-დან გამო-
მდინარეობს

$$\int_0^{\infty} y^{s-1} H(y) dy = \int_0^{\infty} y^{s-1} \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{-ny} = \sum_{n=1}^{\infty} c_n \int_0^{\infty} e^{-ny} y^{s-1} dy, \quad (19)$$

მაშასადამე, (13)-ის ძალით,

$$\Gamma(s) Z(s) = \int_0^{\infty} y^{s-1} H(y) dy. \quad (20)$$

(19)-ში მწკრივის წევრობრივი ინტეგრება გამართლებულია იმით, რომ

$$\sum_{n=1}^{\infty} |c_n| \int_0^{\infty} e^{-ny} y^{s-1} dy = \Gamma(s) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{|c_n|}{n^s},$$

ამასთან მწკრივი მარჯვნივ კრებადია (2) და (10)-ის თანახმად.

(17) შეფასებების ძალით, (20) ტოლობის მარჯვენა ნაწილი არის s -ის მთელი ფუნქცია, საიდანაც მარცხენა ნაწილიც წარმოადგენს მთელ ფუნქციას, რადგანაც $\Gamma(s)$ ფუნქციას ნულები არ აქვს, ამიტომ $Z(s)$ მთელი ფუნქციაა. ვთქვათ, ახლა $\sigma < \frac{k}{2} - \frac{1}{2}$. მაშინ (20) და (18)-დან გამოდის

$$\begin{aligned} \Gamma(s) Z(s) &= \left(\frac{Ni}{2\pi}\right)^{-k} \int_0^{\infty} y^{s-k-1} \sum_{n=1}^{\infty} b_n \exp\left(-\frac{4\pi^2 n}{N^2} y\right) dy \\ &= \left(\frac{Ni}{2\pi}\right)^{-k} \int_0^{\infty} y^{k-1-s} \sum_{n=1}^{\infty} b_n \exp\left(-\frac{4\pi^2 n y}{N^2}\right) dy \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{Ni}{2\pi}\right)^{-k} \sum_{n=1}^{\infty} b_n \int_0^{\infty} y^{k-1-s} \exp\left(-\frac{4\pi^2 n y}{N^2}\right) dy \\ &= \left(\frac{Ni}{2\pi}\right)^{-k} \left(\frac{N}{2\pi}\right)^{2k-2s} \Gamma(k-s) \sum_{n=1}^{\infty} b_n n^{s-k}, \end{aligned} \quad (22)$$

რაც (14) ტოლობას ამტკიცებს. ამ ტოლობის მარჯვენა ნაწილის მწკრივი, (12)-ის ძალით, აბსოლუტურად კრებადია, რამდენადაც $\sigma - k < -\frac{k}{2} - \frac{1}{2}$. მწკრივის წვერობრივი ინტეგრება, (21)-დან (22)-ზე გადასვლისას, დასაშვებია, რადგან

$$\sum_{n=1}^{\infty} |b_n| \int_0^{\infty} y^{k-1-\sigma} \exp\left(-\frac{4\pi^2 ny}{N^2}\right) dy = \sum_{n=1}^{\infty} |b_n| n^{\sigma-k} \int_0^{\infty} y^{k-1-\sigma} \exp\left(-\frac{4\pi^2 y}{N^2}\right) dy.$$

ამასთან მწკრივი მარჯვნივ კრებადია.

შემდეგი ლემა წარმოადგენს ლანდაუს ერთი უფრო ზოგადი თეორემის კერძო სახეს.

ლემა 2. ვთქვათ, მოცემულია რიცხვთა მიმდევრობა c_1, c_2, \dots , რომელთაგან ერთი მაინც განსხვავებულია ნულისაგან. ვთქვათ, შემდეგ, ამ მიმდევრობას შეიძლება შევუსაბამოთ ისეთი h, j, d, q რიცხვები და ისეთი ორი მიმდევრობა $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ და l_1, l_2, \dots , რომ შესრულებული იყოს შემდეგი პირობები:

1) $0 < l_1 < l_2 < \dots; \lim_{n \rightarrow \infty} l_n = \infty;$

2) (13) მწკრივი აბსოლუტურად კრებადია, როცა $\sigma > j;$ $Z(s)$ მთელი ფუნქციაა;

3) მწკრივი $\sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n l_n^s$ აბსოლუტურად კრებადია, როცა $\sigma < 0;$

4) როცა $\sigma < 0$, მაშინ

$$\Gamma(h + ds) Z(s) = \Gamma\left(q + \frac{1}{2} - ds\right) \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n l_n^s;$$

5) σ_1, σ_2 რიცხვთა ყოველ წყვილს, სადაც $\sigma_2 > \sigma_1$, შეესაბამება რომელიღაც მუდმივი $g = g(\sigma_1, \sigma_2)$, რომლისთვისაც ადგილი აქვს შეფასებას

$$Z(s) = O(e^{g|t|}), \text{ როცა } \sigma_1 \equiv \sigma \equiv \sigma_2, |t| \equiv 1. \quad (23)$$

ვთქვათ, n_0 არის უმცირესი რიცხვი n , რომლისთვისაც $\lambda_n \neq 0$, და

$$\lambda_{n_0} = \frac{1}{w}, \quad \sum_{1 \leq n \leq x} c_n = C(x). \quad (24)$$

მაშინ არსებობს რიცხვთა ორი მიმდევრობა x_1, x_2, \dots და y_1, y_2, \dots , რომელიც მონოტონურად უსასრულოდ იზრდება, და რომელიღაც p მუდმივი, დამოკიდებული მხოლოდ $Z(s)$ -ზე, რომელთათვისაც, როცა $n = 1, 2, \dots$, შესრულებულია უტოლობანი

$$x_{n+1} < x_n + p x_n^{1-\frac{1}{2d}}, \quad y_{n+1} < y_n + p y_n^{1-\frac{1}{2d}}, \quad (25)$$

$$\operatorname{Re}\{wC(x_n)\} > \frac{1}{p} x_n^{\frac{q-h}{2d}}, \quad \operatorname{Re}\{wC(y_n)\} < -\frac{1}{p} y_n^{\frac{q-h}{2d}}. \quad (26)$$

ეს ლემა მიიღება [5] შრომის ძირითადი თეორემიდან (რომელიც ნაწილობრივ ჩამოყალიბებულია და დამტკიცებულია [4]-ში), თუ ავიღებთ $\mu = \nu = 1$, $l_n = n$ და $Z(s)$ -ს ჩავთვლით მთელ ფუნქციად.

1 და 2 ლემებიდან გამომდინარეობს შემდეგი თეორემის სამართლიანობა:

თეორემა. არსებობს რიცხვთა ორი მიმდევრობა x_1, x_2, \dots და y_1, y_2, \dots , რომელიც მონოტონურად უსასრულოდ იზრდება, და რომელიც მუდმივი $w \neq 0$, დამოკიდებული მხოლოდ $F(\tau)$ ნულფორმაზე, რომელთათვისაც, როცა $n = 1, 2, \dots$, შესრულებულია უტოლობანი

$$x_{n+1} < x_n + a_2 x_n^{\frac{1}{2}}, \quad y_{n+1} < y_n + a_2 y_n^{\frac{1}{2}}, \quad (27)$$

$$\operatorname{Re}\{wC(x_n)\} > a_3 x_n^{\frac{k}{2} - \frac{1}{4}}, \quad \operatorname{Re}\{wC(y_n)\} < -a_3 y_n^{\frac{k}{2} - \frac{1}{4}}. \quad (28)$$

დამტკიცება. (2), (10) და ლემა 1-დან გამომდინარეობს, რომ ლემა 2-ის 1)–4) პირობები შესრულებულია, თუ c_1, c_2, \dots წარმოადგენს (1) ნულფორმის კოეფიციენტთა მიმდევრობას და

$$h = 0, \quad j = \frac{k}{2} + \frac{1}{2}, \quad d = 1, \quad q = k - \frac{1}{2},$$

$$z_n = \left(\frac{N}{2\pi i} \right)^k \frac{b_n}{n^k}, \quad l_n = \frac{4\pi^2}{N^2} n.$$

5) პირობა აგრეთვე შესრულებულია, რადგანაც (20) ტოლობის მარჯვენა ნაწილი, (17) შეფასებათა ძალით, თავისი მოდულით შემოსაზღვრულია ნებისმიერ ზოლში, რის გამოც შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ $g = 2$.

ამ თეორემიდან, კერძოდ, გამომდინარეობს (5) შეფასება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.1.1955)



დამოწმებული ლიტერატურა

1. G. H. Hardy. Ramanujan. Cambridge, 1940.
2. E. Hecke. Theorie der Eisensteinschen Reihen höherer Stufe und ihre Anwendung auf Funktionentheorie und Arithmetik. Abhandlungen aus dem mathematischen Seminar der Hamburgischen Universität **5**, 1927, 199—224.
3. E. Hecke. Über Modulfunktionen und die Dirichletschen Reihen mit Eulerscher Produktentwicklung. I. Mathematische Annalen **114**, 1937, 1—28.
4. E. Landau. Über die Anzahl der Gitterpunkte in gewissen Bereichen. Zweite Abhandlung. Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. 1915, 209—243.
5. E. Landau. Über die Anzahl der Gitterpunkte in gewissen Bereichen. Vierte Abhandlung. Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. 1924, 137—150.
6. H. Petersson. Über die Entwicklungskoeffizienten der ganzen Modulformen und ihre Bedeutung für die Zahlentheorie. Abhandlungen aus dem mathematischen Seminar der Hamburgischen Universität **8**, 1930, 215—242.
7. Е. К. Титчмарш. Теория дзета—функции Римана. ИИЛ. Москва, 1953.
8. A. Walfisz. Über die Koeffizientensummen einiger Modulformen. Mathematische Annalen **108**, 1933, 75—90.

ბ. ჩხიკვაძე

შეღებნილი პრიზმული ძელის წყვილქალით ირიბი ლუნვა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 8.5.1954)

როგორც დრეკადობის წრფივი თეორიიდან ცნობილია, წყვილქალით ირიბი ლუნვის დეფორმაცია მიიღება, თუ ლუნვის მთავარ სიბრტყეებში წყვილქალებით შესაბამ ლუნვის დეფორმაციათა შეკრებას მოვახდენთ, რადგან ამ შემთხვევაში, როგორც ამბობენ, ადგილი აქვს სუპერპოზიციის პრინციპს.

დრეკადობის არაწრფივ თეორიაში ძირითადი განტოლებების არაწრფივობის გამო ამ პრინციპს ადგილი არ აქვს და, მაშასადამე, მხედველობაში მისაღებია ხსენებული დეფორმაციების ურთიერთგავლენა.

დრეკადობის არაწრფივი თეორიის თვალსაზრისით წყვილქალით ირიბი ლუნვის ამოცანა ერთგვაროვანი პრიზმული ძელის შემთხვევაში ამოხსნილი იყო ა. პოჟალოსტინის და პ. რიზის [1] მიერ.

ჩვენი მიზანია შევისწავლოთ სხვადასხვა მასალისაგან შედგენილი პრიზმული ძელის ირიბი ლუნვის ამოცანა დრეკადობის არაწრფივი თეორიის თვალსაზრისით, როდესაც შემადგენელ მასალებს აქვთ პუასონის ერთი და იგივე კოეფიციენტი.

ამოცანის დასმა. ვთქვათ, მოცემულია ძელი, რომელიც შედგენილია რიგი პარალელური ძელებისაგან, რომელნიც ერთმანეთს არ ეხებიან. ამ ძელებსა და მათ შემომსაზღვრელ ცილინდრულ ზედაპირს შორის მყოფი არე შევსებულია დრეკადი სივრცით. ცილინდრის მსახველები ძელების პარალელურია.

ასეთი ძელის განივი S კვეთა შედგება S_1, S_2, \dots, S_m არეებისაგან, რომელნიც შემადგენელი ძელების განივკვეთს შეესაბამებიან, და S_0 არისაგან, რომელიც შემომსაზღვრელ მასალის განივკვეთს წარმოადგენს. S_1, S_2, \dots, S_m არეების საზღვრები აღვნიშნოთ შესაბამისად L_1, L_2, \dots, L_m -ით, მაშინ S_0 არეს საზღვარი იქნება L_1, L_2, \dots, L_m კონტურები და L_{m+1} კონტური, რომელიც თავის შიგნით ყველა წინა კონტურს შეიცავს.

აღვნიშნოთ λ_j, μ_j და E_j -ით S_j ($j = 0, 1, 2, \dots, m$) არეების შესაბამისი ლამეს მუდმივები და დრეკადობის მოდულები, ხოლო σ —პუასონის კოეფიციენტი, რომელიც ძელის შემადგენელი მასალებისათვის იყოს ერთი და იგივე.

კოორდინატთა სისტემის სათავე მოვათავსოთ „ქვედა“—(დამაგრებული) ფუძის „ინერციის დაყვანილ ცენტრში“, $O\xi$ და $O\eta$ ღერძები მივმართოთ

„ინერციის დაყვანილი მთავარი ღერძების“ მიმართულებით (იხ. [2]), ხოლო Oz ღერძი იყოს ცილინდრის მსახველის პარალელური.

მივიღოთ, რომ ძელის გვერდითი ზედაპირი თავისუფალია გარე ძალეებისაგან და გადაადგილების u , v , w კომპონენტები უწყვეტნი არიან ერთი არიდან მეორეში გადასვლის დროს. ამას გარდა ვგულისხმობთ, რომ სხვადასხვა მასალის გამყოფი ზედაპირების ელემენტებზე მოქმედი ძალები სიდიდით ტოლია და ურთიერთსაწინააღმდეგოაა მიმართული. დავუშვათ, რომ ზედა „თავისუფალ“ $\zeta = l$ ფუძეზე მოქმედი ძალები დაიყვანება ორ წყვილძალადე, რომელთა მომენტები მიმართულია შესაბამად $O\xi$ და $O\eta$ ღერძების პარალელური ღერძის გასწვრივ.

სხეულის რაიმე წერტილის კოორდინატები დეფორმაციამდე აღვნიშნოთ ξ , η და ζ -თი, ხოლო დეფორმაციის შემდეგ x , y და z -თი.

ზემოთ დასმული ამოცანის ამოხსნა ვეძებოთ შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned} u &= \frac{\nu_1}{2} [\zeta^2 + \sigma(\xi^2 - \eta^2)] + \nu_2 \sigma \xi \eta + \nu_1 \nu_2 u_1, \\ v &= \nu_1 \sigma \xi \eta + \frac{\nu_2}{2} [\zeta^2 + \sigma(\eta^2 - \xi^2)] + \nu_1 \nu_2 v_1, \\ w &= -\nu_1 \xi \zeta - \nu_2 \eta \zeta + \nu_1 \nu_2 w_1, \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც u_1 , v_1 და w_1 საძიებელი ფუნქციებია, რომელნიც დამატებით გადაადგილების კომპონენტებს გამოსახავენ, ხოლო

$$\nu_1 = \frac{M_\eta}{\sum_{j=0}^m E_j J_{\eta j}}, \quad \nu_2 = \frac{M_\xi}{\sum_{j=0}^m E_j J_{\xi j}},$$

სადაც M_η და M_ξ წყვილძალების მღუნავი მომენტებია $O\eta$ და $O\xi$ ღერძების პარალელური ღერძების მიმართ შესაბამისად, ხოლო $J_{\eta j}$ და $J_{\xi j}$ —კვეთის დაყვანილი ინერციის მომენტებია $O\eta$ და $O\xi$ ღერძების მიმართ.

შემდეგში, დასმული ამოცანის ამოხსნის დროს შევინარჩუნოთ მხოლოდ ის წევრები, რომელნიც შეიცავენ ν_1 , ν_2 და $\nu_1 \nu_2$ ნამრავლებს.

თუ ვისარგებლებთ წარმოებულთა გარდაქმნის ფაილონისა [3] და შემდეგ მერნახანის [4] ფორმულებით, მაშინ ძაბვის ტენზორის მდგენელებს ზემოთ მოყვანილი სიზუსტით ექნება შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} X_x &= -\lambda_j \nu_1 \nu_2 \sigma \xi \eta + \nu_1 \nu_2 \tau_{11}, \\ Y_y &= -\lambda_j \nu_1 \nu_2 \sigma \xi \eta + \nu_1 \nu_2 \tau_{22}, \\ Z_z &= -E_j \nu_1 \xi - E_j \nu_2 \eta + 2 \nu_1 \nu_2 \sigma [\lambda_j (2 - \nu \sigma) + 4 \mu_j] \xi \eta + \nu_1 \nu_2 \tau_{33}, \\ Y_x &= -\mu_j \nu_1 \nu_2 \xi \zeta + \nu_1 \nu_2 \tau_{23}, \\ Z_x &= -\mu_j \nu_1 \nu_2 \eta \zeta + \nu_1 \nu_2 \tau_{13}, \\ X_y &= \mu_j \nu_1 \nu_2 \zeta^2 + \nu_1 \nu_2 \tau_{12}, \end{aligned} \quad (2)$$

სადაც $\tau_{11}, \tau_{22}, \dots, \tau_{12}$ ძაბვის ტენზორის კომპონენტებია, რომელნიც შეესაბამებინა საძიებელ u_1, v_1 და w_1 გადაადგილებებს.

დეფორმაციამდე და დეფორმაციის შემდეგ ზედაპირის ნორმალის კოსინუსებს შორის, ზემოაღნიშნული სიზუსტით, არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$\begin{aligned} \cos(n_j, x) &= \cos \alpha_j - (\nu_1 \eta - \nu_2 \xi) \sigma \cos \beta_j, \\ \cos(n_j, y) &= \cos \beta_j + (\nu_1 \eta - \nu_2 \xi) \sigma \cos \alpha_j, \\ \cos(n_j, z) &= -\nu_1 \zeta \cos \alpha_j - \nu_2 \zeta \cos \beta_j \quad (j = 1, 2, \dots, m), \end{aligned} \quad (3)$$

სადაც $\cos \alpha_j$ და $\cos \beta_j$ წარმოადგენენ $F_j(\xi, \eta) = 0$ ზედაპირის ნორმალის მიმართულების კოსინუსებს.

ჩვენს შემთხვევაში დრეკადი ტანის წონასწორობის განტოლებები მიიღებენ შემდეგ სახეს:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tau_{11}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{12}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial \zeta} - (\lambda_j \sigma + \mu_j) \eta &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{21}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{22}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial \zeta} - (\lambda_j \sigma + \mu_j) \xi &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{31}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{32}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{33}}{\partial \zeta} &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

ხოლო იმავე სიზუსტით სასაზღვრო პირობები ასე გადაიწერება:

$$\begin{aligned} \tau_{11} \cos \alpha + \tau_{12} \cos \beta - \lambda_0 \sigma \xi \eta \cos \alpha + \mu_0 \zeta^2 \cos \beta &= 0, \\ \tau_{21} \cos \alpha + \tau_{22} \cos \beta - \lambda_0 \sigma \xi \eta \cos \beta + \mu_0 \zeta^2 \cos \alpha &= 0, \\ \tau_{31} \cos \alpha + \tau_{32} \cos \beta + \mu_0 (1 + 2 \sigma) (\eta \cos \alpha + \xi \cos \beta) \zeta &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

თავისუფალ ზედაპირზე,

$$\begin{aligned} [\tau_{11} \cos \alpha + \tau_{12} \cos \beta]_j - [\tau_{11} \cos \alpha + \tau_{12} \cos \beta]_0 - (\lambda_j - \lambda_0) \sigma \xi \eta \cos \alpha_j + (\mu_j - \mu_0) \zeta^2 \cos \beta_j &= 0, \\ [\tau_{21} \cos \alpha + \tau_{22} \cos \beta]_j - [\tau_{21} \cos \alpha + \tau_{22} \cos \beta]_0 - (\lambda_j - \lambda_0) \sigma \xi \eta \cos \beta_j + (\mu_j - \mu_0) \zeta^2 \cos \alpha_j &= 0, \\ [\tau_{31} \cos \alpha + \tau_{32} \cos \beta]_j - [\tau_{31} \cos \alpha + \tau_{32} \cos \beta]_0 + (\mu_j - \mu_0) (1 + 2 \sigma) (\eta \cos \alpha_j + \xi \cos \beta_j) \zeta &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

არეთა გამყოფ ზედაპირზე ($j = 1, 2, \dots, m$).

ამ განტოლებებს უნდა დაემატოს თავსებადობის შესაბამისი პირობები.

ადვილი საჩვენებელია, რომ წონასწორობის (4) განტოლებები, სასაზღვრო (5), (6) და თავსებადობის პირობები დაკმაყოფილებულ იქნება, თუ საძიებელი ძაბვის კომპონენტები შერჩეული იქნება შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned}
 \tau_{11} &= (E_j + \lambda_j \sigma) \xi \eta + E_j \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2} - 2 a \mu_j \varphi, \\
 \tau_{22} &= (E_j + \lambda_j \sigma) \xi \eta + E_j \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi^2} - 2 a \mu_j \varphi, \\
 \tau_{33} &= 2 \lambda_j \sigma^2 \xi \eta + E_j \sigma \Delta \Phi + 4 a \mu_j \varphi, \\
 \tau_{12} &= -\mu_j \zeta^2 - E_j \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi \partial \eta} - a \mu_j (\xi^2 - \eta^2), \\
 \tau_{13} &= -[\mu_j (1 + 2 \sigma) + 2 a E_j] \eta \zeta + 2 a \mu_j \zeta \frac{\partial \varphi}{\partial \xi}, \\
 \tau_{23} &= -[\mu_j (1 + 2 \sigma) - 2 a E_j] \xi \zeta + 2 a \mu_j \zeta \frac{\partial \varphi}{\partial \eta},
 \end{aligned} \tag{7}$$

სადაც $\varphi(\xi, \eta)$ შედგენილი ძელის გრების ფუნქციაა, ხოლო $\Phi(\xi, \eta)$ ფუნქცია განისაზღვრება შემდეგი პირობებით:

$$\begin{aligned}
 \Delta \Delta \Phi &= 0 \quad S_j (j=0, 1, 2, \dots, m) \text{ არეში,} \\
 E_0 \left(\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} + i \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right)_0 &= -\epsilon a \int_0^s \mu_0 \varphi_0 (\cos \beta - i \cos \alpha) ds \\
 &- a \int_0^s \mu_0 (\xi^2 - \eta^2) (\cos \alpha - i \cos \beta) ds + E_0 \int_0^s \xi \eta (\cos \beta - i \cos \alpha) ds
 \end{aligned} \tag{8}$$

L_{m+1} კონტურზე და

$$\begin{aligned}
 E_j \left(\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} + i \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right)_j - E_0 \left(\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} + i \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right)_0 &= -2 a \int_0^{s_j} (\mu_j - \mu_0) \varphi (\cos \beta - i \cos \alpha) ds \\
 &- a \int_0^{s_j} (\mu_j - \mu_0) (\xi^2 - \eta^2) (\cos \alpha - i \cos \beta) ds + \int_0^{s_j} (E_j - E_0) \xi \eta (\cos \beta - i \cos \alpha) ds \\
 L_j (j &= 1, 2, \dots, m) \text{ კონტურზე.}
 \end{aligned}$$

შეიძლება დამტკიცება იმისა, რომ Φ ფუნქცია და მისი კერძო წარმოებულები $\frac{\partial \Phi}{\partial \xi}$, $\frac{\partial \Phi}{\partial \eta}$ არიან ცალსახა [5], თუ a მუდმივი შერჩეულია შემდეგი სახით:

$$a = \frac{\sum_{j=0}^m \iint_{S_j} E_j (\xi^2 - \eta^2) d\xi d\eta}{2 \sum_{j=0}^m \iint_{S_j} \left[\mu_j \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \xi} - \eta \right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \xi \right)^2 \right] d\xi d\eta}$$

თუ გამოვიყენებთ ერთ-ერთ ცნობილ მეთოდს [2], მაშინ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ბიჰარმონიული Φ ფუნქცია.

(7) დაბვების შესაბამისი გადაადგილების კომპონენტებია:

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \frac{1-\sigma+\sigma^2}{2} \left(\xi^2 \eta - \frac{1}{3} \eta^3 \right) - \frac{1}{2} \eta \zeta^2 - \sigma(1+\sigma) \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \\
 &+ (1-\sigma^2) \int_0^\xi \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2} d\xi - a \int_0^\xi \varphi d\xi + a \left(\frac{1}{3} \eta^3 - \eta \zeta^2 \right), \\
 v_1 &= \frac{1-\sigma+\sigma^2}{2} \left(\xi \eta^2 - \frac{1}{3} \xi^3 \right) - \frac{1}{2} \xi \zeta^2 + (1+\sigma)(\sigma-2) \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \\
 &- (1-\sigma^2) \int_0^\xi d\xi \int_0^\xi \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \eta^3} d\xi - a \left(\frac{1}{3} \xi^3 - \xi \zeta^2 \right) + a \int_0^\xi d\xi \int_0^\xi \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} d\xi, \\
 w_1 &= -2 \sigma \xi \eta \zeta + 2 a \zeta \varphi.
 \end{aligned} \tag{9}$$

თუ (9) გამოსახებებს შევიტანთ (1)-ში, მაშინ მივიღებთ განხილული ამოცანის ამოხსნას.

დაბვის ტენზორის კომპონენტები, რომელნიც შეესაბამებიან u, v, w გადაადგილების კომპონენტებს $\zeta=l$ ზედაპირზე, უნდა აკმაყოფილებდეს მოთხოვნილ სასაზღვრო პირობებს, მაგრამ ეს პირობები არ კმაყოფილდებიან. ამიტომ ჩვენ მიერ მოძებნილ ამოხსნას უნდა დაემატოს სენ-ვენანის ამოცანის ისეთი ამოხსნა, რომელიც მოახდენს ზედაპირზე ზედმეტი დაბვების ნეიტრალიზაციას.

სტალინის სახელმწიფო პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 19.10.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. И. Пожало стин и П. М. Риз. К теории косо го изгиба в нелинейной теории упругости. Прикладная математика и механика, том VI, 1942.
2. Н. И. Мусхели ш в и л и. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Издательство Академии Наук СССР, М.—Л., 1949.
3. Э. Кокер и Л. Файлон. Оптический метод исследования напряжений, М.—Л., 1936, стр. 91.
4. F. D. Murnaghan. Finite deformations of elastic solid. Amer. Journ. of math, vol LIX, № 2, 1937, 235.
5. გ. ხ ა ტ ი ა შ ვ ი ლ ი. დატვირთული გვერდითი ზედაპირის მქონე შედგენილი ცილინდრული ძელის დრეკადი წონასწორობა პუასონის სხვადასხვა კოეფიციენტის შემთხვევაში. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 1, 1955.

(1 ყოველთვის შეიძლება ბიჰარმონიული Φ ფუნქციის ისე განსაზღვრა, რომ გადაადგილების u და v კომპონენტები დარჩენ უწყვეტი გამყოფ ზედაპირზე გადასვლის დროს.



3. ზამზანიძე

შრტიერთმომკმედ ბოზონ-ფერმიონული ველების განტოლებათა სისტემის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 14.2.1955)

როგორც ცნობილია, შრტიერთქმედების ლაგრანჟიანის ჩაწერის წესი იმაში მდგომარეობს, რომ ერთმანეთზე მრავლდებიან შრტიერთმომკმედი ველების ველის ფუნქციების ისეთი კომბინაციები, რომლებიც ქმნიან ინვარიანტს. თვითეულ ინვარიანტს მიეწერება ბმის განსაზღვრული მუდმივა [1].

ბოზონ-ფერმიონული ტიპის შრტიერთქმედი ველების განტოლებათა სისტემის ჩამოყალიბებისას ჩვენ დავვეყრდნობით შემდეგ დებულებას:

1. ფერმიონები წარმოადგენენ ნაწილაკებს, რომლებსაც აქვთ უნარი წარმოქმნან ბოზონები;

2. ფერმიონები შრტიერთქმედებენ ერთმანეთთან ბოზონების შრტიერთ-გაცვლის საშუალებით. შრტიერთქმედების გადამტანი ნაწილაკები ბოზონებია;

3. ფერმიონებს გააჩნიათ სპეციფიკური მუხტი, რომელიც ახასიათებს მათ ბმას ბოზონურ ველთან;

4. ბოზონებს გააჩნიათ სპეციფიკური მუხტი, რომელიც ახასიათებს მათ ბმას ფერმიონულ ველთან.

გარკვეულობისათვის შემდგომ განხილვას ვაწარმოებთ ნუკლონებისა და მეზონების შრტიერთქმედების მაგალითზე. ადრევე შევნიშნავთ, რომ დამკვიდრებული მიდგომა ნუკლონისადმი, როგორც მეზონების წყაროსადმი, ჩვენ არ მიგვაჩნია სამართლიანად. მეზონური ველის წყაროს წარმოადგენს მძიმე ფერმიონი, რომელსაც ჩვენ ნუკლოიდს ვუწოდებთ. თავისუფალი ნუკლოიდი ემორჩილება დირაკის განტოლებას. ნუკლოიდს აქვს უნარი ვირტუალურად შთანთქას და გამოასხივოს π მეზონები. ნუკლოიდი, რომელიც სტაციონარულად შრტიერთქმედებს პიონურ ველთან, ჩვენ წარმოგვიდგება სტრუქტურულად რთული ნაწილაკის სახით—ნუკლონის სახით.

როგორც ცნობილია, ნუკლონები არ აღიწერება დირაკის განტოლებით. თავისუფალი ნუკლოიდი აღიწერება დირაკის განტოლებით. ნუკლოიდი, რომელიც სტაციონარულად ბმულია მეზონურ ველთან, წარმოადგენს რთულ სისტემას (ნუკლონს), რომელიც აღიწერება განტოლებათა სისტემით პიონისა და ნუკლოიდის ველის ფუნქციებისათვის. ნუკლოიდი შეიძლება გაიგივებულ იქნეს ერთ-ერთ არასტაბილურ ნაწილაკთან, რომელიც განიცდის და-

შლას μ მეზონად და ბოზონური ტიპის მეზონებად. წინასწარ ასეთ ნაწილაკად შეიძლება დავასახელოთ K მეზონი. ექსპერიმენტული მონაცემები ნუკლონ-ატომგულის დაჯახებების შესახებ გვიჩვენებს, რომ K ნაწილაკები წარმოიქმნება π მეზონებთან შესადარი რაოდენობით. შესაძლებელია აღმოჩნდეს, რომ K ნაწილაკები „გატიტვლებული“ ნუკლონებია, რომლებმაც დაკარგეს პიონური „ატმოსფერო“.

შემდეგ, ჩვენ მიგვაჩნია, რომ უაზროა მივაწეროთ ბმულ ნუკლოიდს განსაზღვრული უძრაობის მასა. განსაზღვრული უძრაობის მასა შეიძლება გააჩნდეს მხოლოდ „იონიზებულ“ ნუკლოიდს. პიონური ველის ქვანტის შთანთქმა და გამოსხივება ნუკლოიდის მიერ განსაზღვრავს ფერმიონის ველის ენერჯის „გადასხმას“ მასთან ბმულ მეზონურ ველში.

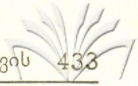
ჩვენ მიერ განვითარებული წარმოდგენები არ ეწინააღმდეგება ჰიპოთეზას თვით პიონების რთული აგებულების შესახებ (მაგალითად, ნუკლოიდების ვირტუალური წყვილების სახით). შემდგომისათვის ყველაზე გადამწყვეტ დებულებად მიგვაჩნია შემდეგი დებულება: ნუკლოიდს შეიძლება გააჩნდეს g და $-g$ მუხტი ნებისმიერი ელექტრომაგნეტური მუხტის მქონე პიონის მიმართ. მეზონების (პიონების) ელექტრომაგნეტური მუხტები არ ასრულებენ გადამწყვეტ როლს ურთიერთმოქმედი ნუკლოიდებისა და პიონების თვისებების გამოვლენაში.

ჩვენ დავუშვებთ, რომ პიონის ველი (ელექტრომაგნეტური მუხტის მიუხედავად) აღიწერება ორი კომპლექსურად შეუღლებული ველის φ და φ^+ ფუნქციების საშუალებით. ამ შეუღლებას საერთო არაფერი აქვს მეზონების ველის ფუნქციების იმ შეუღლებასთან, რომელიც დაკავშირებულია დადებითი და უარყოფითი ელექტრომაგნეტური მუხტის მქონე მეზონების არსებობასთან. „ g მუხტურად“ შეუღლების წარმოსახვით ორტსაც გააჩნია თვისება, რომ $j^2 = -I$. ამ ახალ ორტს, რომელსაც აქვს თვისება $j^2 = -I$, ჩვენ აღვნიშნავთ i , რადგანაც ჩვენ არ ვიხმართ „ g შეუღლებასთან“ ერთად „ e შეუღლებასაც“. ამ შემთხვევაში ყველა ცნობილი ფორმულა დამუხტული π მეზონური ველებისათვის შეიძლება ჩვენ მიერ თავისუფლად იქნეს გამოყენებული, რამდენადაც ჩვენ არ ავურევთ ერთმანეთში „ g შეუღლებას“ და „ e შეუღლებას“.

ეს ნიშნავს, რომ ველის ფუნქციას, რომელსაც გააჩნია g მდგენელი კვატერნიონულ სივრცეში, ჩვენ ვაპროექტირებთ (I, j) სიბრტყეზე და არა (I, i) სიბრტყეზე. ზოგად შემთხვევაში ველის ფუნქცია შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს კვატერნიონით⁽¹⁾. რამდენადაც ჩვენ გვინტერესებს „ g მუხტები“, ამდენად შეგვიძლია შემოვიფარგლოთ (I, j) სიბრტყით და ჩავთვალოთ, რომ ინვარიანტობას g მუხტურად—შეუღლების გარდაქმნის მიმართ შეესაბამება g მუხტის შენახვის კანონი.

ასეთი მიდგომისას გასაგები ხდება, რომ ნუკლოიდებსა და პიონებს შორის ურთიერთქმედების შემოყვანის პროგრამა შეიძლება წარმართულ იქნეს

(1) როგორც ჩვენთვის გახდა ცნობილი, ჩვენგან დამოუკიდებლად ველის ფუნქციის ბუნების საკითხში ასეთსავე დასკვნებამდე მივიღა მ. მირიანაშვილი.



მეზონურ და ელექტრონულ-პოზიტრონულ და ელექტრომაგნეტურ ველის შორის ურთიერთქმედების შემოყვანის მსგავსად.

ნუკლოიდის ველის ზემოქმედება მეზონის ველზე მხედველობაში მივიღოთ ოპერატორ $\frac{I}{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x_i}$ შენაცვლებით შემდეგი ოპერატორით:

$$\frac{I}{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x_i} + g(\bar{\Psi} \gamma_i \Psi) = \frac{I}{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x_i} + g\mu_i$$

ან

$$P_i + g\Gamma_i$$

სადაც P_i არის ბმული ნაწილაკის განზოგადებული იმპულსი, Ψ არის ნუკლოიდის ბისპინორი, $\bar{\Psi} = \Psi^* \beta$. γ_i არის მატრიცი კომპონენტებით ($\beta \vec{\alpha}, \beta$), სადაც $\vec{\alpha}$ და β ელექტრონის რელატივისტური თეორიის ჩვეულებრივი მატრიცებია.

მეზონური ველის ზემოქმედება ნუკლოიდის ველზე გავითვალისწინოთ $\frac{I}{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x_i}$ ოპერატორის შენაცვლებით შემდეგი ოპერატორით:

$$\frac{I}{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x_i} + f \left(\frac{\partial \varphi^+}{\partial x_i} \varphi - \varphi^+ \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right) = \frac{I}{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x_i} + \pi k_0 \left(\frac{\partial \varphi^+}{\partial x_i} \varphi - \varphi^+ \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right),$$

სადაც f აქვს $-\frac{m_0 c}{h}$ განზომილება. თუ მივიღებთ, რომ $k = \frac{m_0 c}{h}$, მაშინ π აქვს ბმის მუდმივას f_{π}^2 / hc განზომილება. f მუდმივას კავშირის საკითხს g მუდმივასთან ცალკე განვიხილავთ.

ისმება საკითხი ბმის შემოყვანის ოპერაციის ცალსახობის შესახებ. ჩვენი აზრით, ეს საკითხი შეიძლება გადაწყვეტილ იქნეს მხოლოდ თეორიული მონაცემების შედარებით ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. ერთადერთი ვექტორი, რომელიც შეიძლება შედგენილ იქნეს ორ $\bar{\Psi}$ და Ψ ბისპინორისაგან, არის $(\bar{\Psi} \gamma_i \Psi)$, რომელიც განაპირობებს ალბათობის ნაკადს და ალბათობის სიმკვრივეს ფერმიონული ნაწილაკისთვის.

თუ მივიღებთ ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ ერთი წყაროს ზემოქმედება მეორე წყაროზე განისაზღვრება ნაკადის ინტენსივობით და ალბათობის სიმკვრივით ზემოქმედი ნაწილაკისა იმ წერტილში, რომელშიაც იმყოფება ზემოქმედების ქვეშ მყოფი ნაწილაკი, მაშინ არ იქნება დაუსაბუთებელი ერთისა და იმავე ვარიანტობისა და ერთისა და იმავე ფიზიკური განზომილების სიდიდეთა შეკრება.

ავაგოთ ურთიერთმოქმედი ნუკლოიდ-პიონური ველების ლაგრანჟიანი იმ შემთხვევისათვის, როდესაც: „ნუკლოიდის 4 ნაკადი“ უშუალოდ ახდენს ზემოქმედებას პიონურ ველზე, „პიონური 4 ნაკადი“ კი უშუალოდ ზემოქმედებს „ნუკლოიდურ ველზე“. მაშინ ორივე ველი საგრძნობლად იცვლება. იმ შემთხვევაში, თუ გარეშე ველები არ არსებობს, შეიძლება დამყარდეს სტაციონარული ურთიერთქმედების მდგომარეობა. ამ შემთხვევაში არსებობს გან-



სახვრული კავშირი 4 ნაკადს შორის. „ნუკლოიდური ველის“ უშუალო ზემოქმედება პიონურ ველზე იმით გამოიხატება, რომ თავისუფალი პიონური ველის (ზოგად შემთხვევაში ბოზონური ველი) ლაგრანჟიანში ოპერატორი $\frac{\partial}{\partial x_i}$ შეიცვლება $\frac{\partial}{\partial x_i} + ig(\bar{\Psi}\gamma_i\Psi)$ ოპერატორით, სადაც $\bar{\Psi} = \Psi^*\beta$. ამასთანავე თავისთავად იგულისხმება, რომ Ψ^* აქვს „გ შეუღლება“ და არა „ე შეუღლება“. თავისუფალი ფერმიონული ველის ლაგრანჟიანში ოპერატორი $\frac{\partial}{\partial x_i}$ იცვლება $\frac{\partial}{\partial x_i} + ifS_i$ ოპერატორით $(S_i = \frac{\partial\varphi^+}{\partial x_i} \varphi - \varphi^+ \frac{\partial\varphi}{\partial x_i})$. საერთო ლაგრანჟიანში შეცვლა ხდება ერთსა და იმავე დროს, ე. ი. „ნუკლოიდური ველის“ (ზოგად შემთხვევაში ფერმიონული ველის) ზემოქმედება მხედველობაში მიიღება ლაგრანჟიანის პიონურ ნაწილში, პიონური ველი კი მხედველობაში მიიღება ლაგრანჟიანის „ნუკლოიდურ“ ნაწილში. ნათელია, რომ ჩვენ შეგვეძლო გაგვეხილა როგორც კერძო შემთხვევები, ისეთი ლაგრანჟიანები, რომლებსთვისაც:

ა) $g \neq 0 \quad f = 0$ და ბ) $g = 0 \quad f \neq 0$.

ზემოთქმულის შესაბამისად ავაგოთ პიონ-ნუკლოიდის ლაგრანჟიანი. მივიღოთ, რომ

$$L = -\frac{I}{2} \left\{ \left(\frac{\partial}{\partial x_i} + ig\Gamma_i \right) \varphi^+ \left(\frac{\partial}{\partial x_i} - ig\Gamma_i \right) \varphi + k_0^2 \varphi^+ \varphi \right\} \tag{1}$$

$$- \frac{I}{2} \bar{\Psi} \left(\gamma_i \left(\frac{\partial}{\partial x_i} + ifS_i \right) + k \right) \Psi - \frac{I}{2} \Psi \left(\tilde{\gamma}_i \left(\frac{\partial}{\partial x_i} - ifS_i \right) - k \right) \bar{\Psi}$$

თუ ვაწარმოებთ ვარიაციას φ^+ , φ , Ψ და $\bar{\Psi}$ -ს მიხედვით, მივიღებთ ნუკლოიდ-პიონის სისტემის განტოლებებს:

$$\square \varphi - k_0^2 \varphi = i(g - f) \left(\Gamma_i \frac{\partial\varphi}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\Gamma_i \varphi) \right) + g^2 \Gamma_i \Gamma_i \varphi \tag{2}$$

$$\square \varphi^+ - k_0^2 \varphi^+ = -i(g - f) \left(\Gamma_i \frac{\partial\varphi^+}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\Gamma_i \varphi^+) \right) + g^2 \Gamma_i \Gamma_i \varphi^+ \tag{3}$$

$$\left\{ \gamma_i \left(\frac{\partial}{\partial x_i} + i(f - g) S_i + 2g^2 \Gamma_i \varphi^+ \varphi \right) + k \right\} \Psi = 0 \tag{4}$$

$$\left\{ \tilde{\gamma}_i \left(\frac{\partial}{\partial x_i} - i(f - g) S_i - 2g^2 \Gamma_i \varphi^+ \varphi \right) - k \right\} \bar{\Psi} = 0 \tag{5}$$

$$\bar{\Psi} \left\{ \gamma_i \left(\frac{\partial}{\partial x_i} + i(f - g) S_i + 2g^2 \Gamma_i \varphi^+ \varphi \right) + k \right\} = 0 \tag{6}$$

$$\Psi \left\{ \tilde{\gamma}_i \left(\frac{\partial}{\partial x_i} - i(f - g) S_i - 2g^2 \Gamma_i \varphi^+ \varphi \right) - k \right\} = 0 \tag{7}$$

ამ განტოლებებს შეიძლება ვუწოდოთ ნუკლო-მეზონდინამიკის ძირითადი განტოლებანი. ა) და ბ) შემთხვევებში მივიღებთ ნუკლო-მეზონდინამიკის კერძო სახის განტოლებებს. ურთიერთქმედების ლაგრანჟიანს აქვს ძალიან მარტივი სახე:

$$L_{ურთ} = i(g/2 - f) \Gamma_i S_i - \frac{g^2}{2} \Gamma_i^2 \varphi^+ \varphi. \quad (8)$$

ადვილი შესამჩნევია ურთიერთქმედების ახალი ლაგრანჟიანის თავისებურებანი:

1. ურთიერთქმედების ლაგრანჟიანი შეიცავს პიონური ველის ოპერატორებს ბიწრფივად.

2. ურთიერთქმედების ლაგრანჟიანი პრინციპულად არ შეიძლება დაწერილ იქნეს ასეთი სახით, თუ არ მოვახდენთ ველის ფუნქციის ცნების განზოგადებას. ჩვენს შემთხვევაში φ და Ψ კვატერნიონებია.

ჩვენი ჰიპოთეზის თანახმად არსებობენ ნუკლოიდები და ანტინუკლოიდები და არა ნუკლონები და ანტინუკლონები. ანტინუკლოიდს აქვს ნუკლოიდის საწინააღმდეგო „ g მუხტი“ და არა „ e მუხტი“. შესაძლებელია სწორედ ამით აიხსნება ის, რომ არ არის აღმოჩენილი ანტიპროტონი.

თუ გამოვიყენებთ S მატრიცის [2] ფორმალიზმს, ადვილად დავინახავთ, რომ ყოველ კვანძში იკრებება პიონების ორი ხაზი. ჩვენი ინტერპრეტაციის მიხედვით, ეს უნდა ნიშნავდეს ერთი „ g მუხტის“ პიონის მოსვლას კვანძში და მეორე „ g მუხტის“ პიონის წასვლას კვანძიდან. უზოგადეს შემთხვევაში (როდესაც φ წარმოადგენილია სრული კვატერნიონით) პიონი გარდა „ g მუხტისა“ ვახდება სხვა მუხტების მატარებელი (მაგალითად, „ e მუხტისა“ და რაღაც უცნობი მუხტისა).

შემდგომ წერილებში განვითარებული იქნება კანონიკური ფორმალიზმი (1) ლაგრანჟიანის საფუძველზე.

ავტორი მადლობას უძღვნის ი. მამალაძეს საქმიანი შენიშვნებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი
(რედაქციას მოუვიდა 15.2.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Вентцель. Введение в квантовую теорию волновых полей. ГТТИ, 1947.
2. А. И. Ахиезер и В. Б. Берестецкий. Квантовая электродинамика. ГИТТЛ, 1953.



ბიოფიზიკა

დ. ლონაძე და ლ. პაპინაშვილი

თოვლის ზვავის მიერ უძრავ წინააღმდეგობაზე დარტყმით
გამოწვეული ძალის გაანგარიშება

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ზავრიევა 27.5.1954)

მთიან და მალაღმთიან რაიონებში მომუშავე ინჟინერ-მშენებელთა წინაშე დიდი ხანია დგას თოვლის ზვავების დარტყმისაგან საინჟინრო ნაგებობათა დაცვის საკითხი. მკვლევართა მიერ თოვლის ზვავებისადმი მიძღვნილი შრომები [2, 3, 4] ხსენებული ამოცანის გადაწყვეტას ემსახურებოდა.

1938 წელს წარმოდგენილი იყო უძრავ წინააღმდეგობაზე თოვლის ზვავის დარტყმით გამოწვეული წნევის გაანგარიშების ფორმულა შემდეგი სახით:

$$p = 10^{-2} \frac{\rho \rho_1}{\rho_1 - \rho} v^2, \quad (1)$$

სადაც p წნევაა, გაძოსახული კგ/სმ²-ით, ρ და ρ_1 —შესაბამად ზვავური თოვლის სიმკვრივე მის დარტყამდე და დარტყმის შემდეგ, v —თოვლის ზვავის მოძრაობის სიჩქარე წინააღმდეგობის შეხვედრის მომენტში.

თუ დავუშვებთ, რომ დარტყამდე ზვავური თოვლის სიმკვრივე მუდმივი რჩება, ე. ი. იგივეა, რაც სიმკვრივე თოვლის საბურვლისა, ამ შემთხვევაში (1) განტოლება შეიცავს ორ უცნობს, კერძოდ თოვლის საბოლოო ρ_1 სიმკვრივესა და ზვავის მოძრაობის v სიჩქარეს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტში ექსპერიმენტული გამოკვლევებით [1, 5] მიღებულ იქნა ფუნქციონალური დამოკიდებულება p წნევისა, ρ საწყისისა და ρ_1 საბოლოო სიმკვრივეთა შორის:

$$\rho_1 = \rho (1 + kp), \quad (2)$$

სადაც

$$k = 3,10 - 7,81 \rho. \quad (2')$$

(1) და (2) განტოლებათა თავსებადი ამოხსნით მიიღება წნევის განმსაზღვრელი ფორმულა, რომელიც თოვლის ზვავის უძრავ წინააღმდეგობაზე დარტყმის შემდეგად წარმოიქმნება:

$$p = \frac{\rho v^2}{200} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{400}{k \rho v^2}} \right). \quad (3)$$

(3) ამყარებს დამოკიდებულებას ზვავური თოვლის სიმკვრივესა, მისი მოძრაობის სიჩქარესა და წნევას შორის.

თოვლის ზევის მოძრაობის სიჩქარის გამოსახულება მიღებული იყო მ. საატჩიანის, ა. გოფისა და სხვათა მიერ [3, 4, 6] თოვლის ზევის მოძრაობის შემდეგი დიფერენციალური განტოლებიდან:

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha - k'v, \quad (4)$$

სადაც m თოვლის ზევის მასაა, $f = \text{tg } \varphi$ —თოვლის შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი, α —იმ ზედაპირის დახრილობის კუთხე, რომლის გასწვრივ მოძრაობს ზევი, s —დროის t მომენტში გავლილი მანძილის სიგრძე, ხოლო $k'v$ —თოვლის მოძრაობისადმი წინააღმდეგობა.

(4) დიფერენციალური განტოლების ამოხსნით მიიღება თოვლის ზევის მოძრაობის სიჩქარის ფორმულა შემდეგი სახით:

$$v = (v_0 - v^*) e^{-kt} + v^*, \quad (5)$$

სადაც v_0 არის ზევის მოძრაობის სიჩქარე α დახრილობის მქონე უბანზე გამოსვლის მომენტში, v^* —თანაბარი მოძრაობის ზღვრული სიჩქარე, გამოსახული ფორმულით:

$$v^* = \frac{g}{k} \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (6)$$

სადაც

$$k = \frac{k'}{m}$$

წარმოადგენს სიდიდეს, რომელიც დამოკიდებულია თოვლის ზევის მოძრაობით გამოწვეულ წინააღმდეგობის პარამეტრებზე. შემოთ ციტირებულ შრომებში უკანასკნელი სიდიდე მიღებული იყო მულტიპლ და პირველი მიახლოებით (გამოსაკვლევი ფერდობებისათვის) ტოლი 0,25. (5) და (6) განტოლებებში $k = 0,25$ და $g = 10$ მ/სეკ² სიდიდეთა ჩასმით (მულტიპლი ან ზრდადი დახრილობის კუთხის მქონე ფერდობებისათვის), გვექნება, რომ

$$v \leq 40 \text{ მ/სეკ.} \quad (7)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ კავკასიონის მთავარი ქედის მიდამოებში ვხვდებით თოვლის ზეაებს, რომელთა მოძრაობის სიჩქარე აღემატება 60—70 მ/სეკ, რაც, ცხადია, ეწინააღმდეგება (7) უტოლობას. კავკასიონზე თოვლის საბურღლის წარმოქმნის პირობებისა და თოვლის ზეაების მოძრაობის თავისებურებათა ანალიზის შედეგად ამ სტატიის ერთ-ერთი ავტორის მიერ მიღებული იყო მოძრაობის შემდეგი დიფერენციალური განტოლება [1]:

$$\frac{d(mv)}{dt} = \frac{mg \sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} - k_1 H v^2, \quad (8)$$

სადაც მხედველობაში მიღებულია თოვლის ზევის ძირითადი თვისება, რომ იგი გზადაგზა იკრებს თოვლის ახალ მასებს და მის ხარჯზე განუწყვეტილ იზრდება (H წარმოადგენს ზევის ფრონტის სიმაღლეს). ზევის ცვლადი მასისათვის მიღებულია გამოსახულება:

$$m = k_2 \rho / z, \quad (8')$$



სადაც k_2 განყენებული კოეფიციენტი, დამოკიდებული ზეაერო თოვლის ტიპიურობასა და ქვენაგებ ზედაპირზე ($0 \leq k_2 \leq 1$), ρ და h —შესაბამად ფერდობზე მდებარე თოვლის საბურვლის სიმკვრივისა და სიმაღლის საშუალო მნიშვნელობანი. შესაბამი საწყისი პირობების დაცვით მე-(8) დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა გვაძლევს თოვლის ზევის მოძრაობის სიჩქარის შემდეგ გამოსახულებას:

$$v = \sqrt{\frac{2 g s \rho \sin(\alpha - \varphi)}{(3 \rho + 2 \lambda) \cos \varphi} \left[1 - \left(\frac{s_0}{s} \right)^{3 + \frac{2\lambda}{\rho}} \right]}, \quad (9)$$

სადაც s_0 მოწყვეტილი ფენის სიგრძეა, ხოლო

$$\lambda = \frac{k_1 H}{k_2 h}.$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ქვედა უბნებისათვის $s_0 \ll s$, მაშინ (9) ფორმულა შედარებით მარტივ სახეს მიიღებს:

$$v = \sqrt{\frac{2 g s \rho \sin(\alpha - \varphi)}{(3 \rho + 2 \lambda) \cos \varphi}}. \quad (9')$$

სიჩქარის სიდიდე, რომელიც (9') ფორმულით გამოითვლება, გვაძლევს დაკვირვებით მიღებულ შედეგებთან უკეთეს თანმთხვევას, (5) განტოლებასთან შედარებით. იმ შემთხვევაში, როდესაც ფერდობი დაქანების კუთხის მკვეთრი ცვლილებით ხასიათდება, მაშინ იგი დაიყოფა ცალკეულ s_1, s_2, \dots, s_n უბნებად შესაბამისი $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ დაქანებით და ყოველი უბნისათვის ამოიხსნება მე-(8) დიფერენციალური განტოლება სათანადო საწყისი პირობებით. v_i სიჩქარეების მიერ i -ურ უბანზე გამოისახება ფორმულით

$$v_i = \sqrt{\frac{a_i s \rho}{2 \rho + \lambda} \left[1 - \left(\frac{s_{i-1}^0}{s} \right)^{2 + \frac{\lambda}{\rho}} \right] + \left(\frac{s_{i-1}^0}{s} \right)^{1 + \frac{\lambda}{\rho}} v_{i-1}^2}, \quad (10)$$

სადაც

$$a_i = \frac{2 g \sin(\alpha_i - \varphi)}{\cos \varphi}, \quad s_{i-1}^0 = \frac{k_2 h}{H} \sum_{j=0}^{i-1} s_j.$$

ამრიგად, უძრავ წინააღმდეგობაზე თოვლის ზევის დარტყმის ძალა შეიძლება განისაზღვროს მე-(3) ფორმულით, სადაც მოძრაობის v —სიჩქარის სიდიდე განისაზღვრება მე-(9) ან მე-(10) ფორმულიდან. როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, p -ს გაანგარიშებისათვის საჭიროა ვიცოდეთ წინააღმდეგობაზე მოქმედი თოვლის ზევის ძალის მაქსიმალურად შესაძლებელი სიდიდე, ამიტომ მე-(3) და მე-(9) ფორმულების მარჯვენა ნაწილში შემავალი პარამეტრები ისე უნდა იყოს შერჩეული (მოცემული რაიონის დამახასიათებელ მნიშვნელობათა საზღვრებში), რომ ისინი შეესაბამებოდნენ მაქსიმალურ p -წნევას: $\rho = 0,35$, $\varphi = 19^\circ$, $k_2 = 1$, $k_1 = 0,10$.

მიღებულ ფორმულათა საფუძველზე შედგენილია p_{\max} -ათვის ცხრილები α, s, h, H -ის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის.

I $h = 1$ მ, $H = 3$ მ.

α	s				
	500	750	1000	1250	1500
20	6,81	8,55	10,1	11,5	12,8
25	19,5	25,3	30,8	35,9	41,1
30	29,0	38,3	47,1	55,6	63,9
35	37,3	50,0	62,1	73,9	85,5
40	45,0	60,9	76,2	91,2	105,9

II $h = 2$ მ, $H = 3,5$ მ.

α	s				
	500	750	1000	1250	1500
20	7,5	9,4	11,1	12,6	14,1
25	21,7	28,3	34,5	40,4	46,1
30	32,4	43,1	53,2	63,1	72,7
35	41,9	56,5	70,6	84,2	97,6
40	50,8	69,2	86,7	104,3	121,5

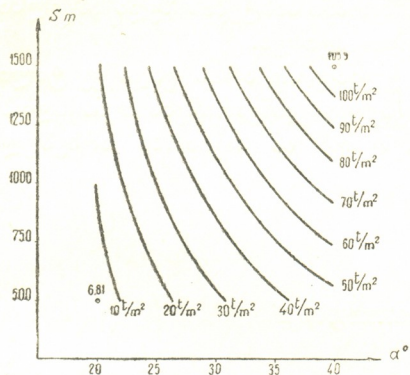
III $h = 3$ მ, $H = 5$ მ.

α	s				
	500	750	1000	1250	1500
20	7,5	9,5	11,2	12,8	14,3
25	21,8	28,4	34,9	40,8	46,6
30	32,8	43,7	54,1	64,1	73,8
35	42,2	55,8	71,7	85,5	99,1
40	51,6	70,8	88,5	106,3	123,9

IV $h = 5$ მ, $H = 6,5$ მ.

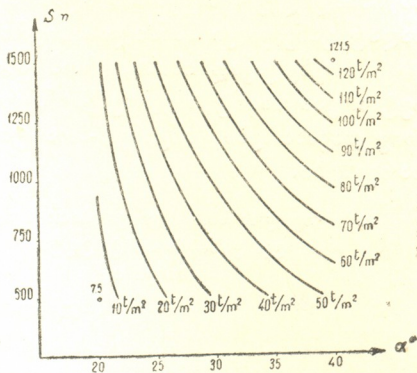
α	s				
	500	750	1000	1250	1500
20	7,7	9,6	11,4	13,0	14,6
25	22,4	29,3	35,7	42,2	47,8
30	33,6	44,9	55,3	65,8	76,1
35	43,6	57,3	73,6	87,6	102,1
40	52,9	72,3	93,2	109,3	127,5

ქვემოთ მოყვანილია პერპენდიკულარულ დაბრკოლებაზე თოვლის ზევის მაქსიმალური დარტყმის გრაფიკები (დატვირთვა გამოსახულია ტონა/მ²) h და H -ის სხვადასხვა მნიშვნელობათათვის.



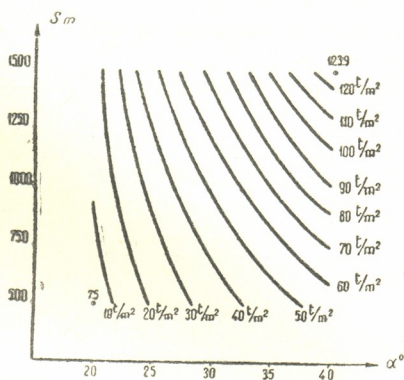
სურ. 1

თოვლის ზევის პერპენდიკულარულ დაბრკოლებაზე მაქსიმალური დარტყმის გრაფიკი ($h=1$ მ, $H=3$ მ)



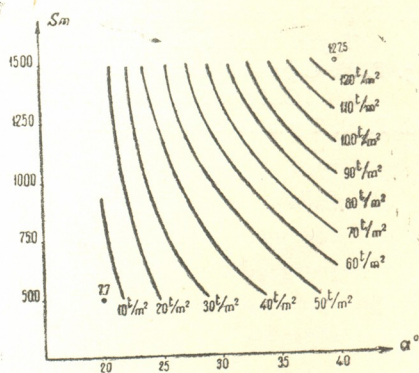
სურ. 2

თოვლის ზევის პერპენდიკულარულ დაბრკოლებაზე მაქსიმალური დარტყმის გრაფიკი ($h=2$ მ, $H=3,5$ მ)



სურ. 3

თოვლის ზევის პერპენდიკულარულ დაბრკოლებაზე მაქსიმალური დარტყმის გრაფიკი ($h=3$ მ, $H=5$ მ)



სურ. 4

თოვლის ზევის პერპენდიკულარულ დაბრკოლებაზე მაქსიმალური დარტყმის გრაფიკი ($h=5$ მ, $H=6,5$ მ)

მოყვანილ ფორმულათა და გრაფიკების საშუალებით შესაძლებელია მოცემული ადგილისათვის განისაზღვროს თოვლის ზევის დარტყმის მაქსიმალური ძალა, თუ ცნობილია ზევესაში ფერდობების დახრილობის კუთხის მნიშვნელობა, მანძილი თხემსა და ნაგებობას შორის და თოვლის საბურვლის მაქსიმალური სიღრმე მოცემულ რაიონში.

როგორც ცხრილებიდან და გრაფიკებიდან ჩანს, დარტყმის მაქსიმალური ძალა (თოვლის საბურვლის მაქსიმალური სიღრმისათვის 3-დან 5-მეტრამდე) უმთავრესად თოვლის ზევის კალაპოტის სიგრძესა და ადგილმდებარეობის დაქანების კუთხეზეა დამოკიდებული. ამიტომ მიზანშეწონილია ზევე-

საწინააღმდეგო ნაგებობა აღმართული იყოს მთიანი სისტემის ზედა ნაწილში, სადაც განვლილი მანძილის სიგრძე შედარებით მცირეა.

მიუხედავად იმისა, რომ ამოცანა სრულიად არ არის გადაწყვეტილი, ავტორები მაინც იმედოვნებენ, რომ ჩატარებული გაანგარიშებანი ნაწილობრივ დაეხმარება ინჟინერ-პრაქტიკოსებს შეავსონ ამ საკითხში არსებული ხარვეზები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოფიზიკის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 27.5.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Д. Н. Гонгадзе. Некоторые вопросы теории образования и движения снежных лавин. Труды Института геофизики АН ГССР, т. XIII, Тбилиси, 1953.
2. А. Г. Гофф и Г. Ф. Оттен. Экспериментальное определение силы удара снежных обвалов. Изв. АН СССР, серия геогр. и геоф. № 23, 1939.
3. Г. Г. Саатчян. Снег и снежные обвалы. Тбилиси, 1936.
4. Г. К. Сулаквелидзе. К вопросу об образовании и движении снежных лавин. Труды Института физики и геофизики АН ГССР, т. XI, 1949.
5. Г. К. Сулаквелидзе. Удар снежной лавины о неподвижную стенку. Сообщения АН ГССР, т. XII, № 5, 1951.
6. Г. К. Тушинский. Лавины. М., 1949.

ლ. ჩიგოგიძე და რ. ლალიძე

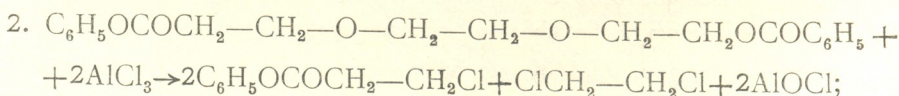
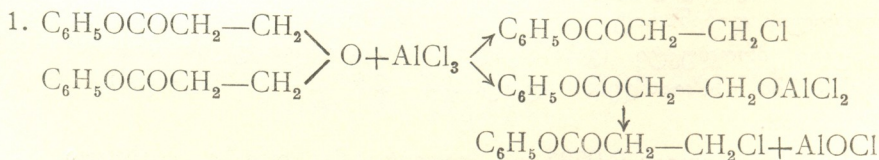
β-კლორეთილბენზოატის მიღების ახალი პრეპარატიული მეთოდი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციციშვილმა 17.12.1954)

უწყლო $AlCl_3$ -ის თანობით ზოგიერთი მრავალატომიანი სპირტის რთული ეთერების არომატულ ნახშირწყალბადებთან კონდენსაციათა რეაქციების შესწავლისას ერთ-ერთი ჩვენთაგანის მიერ [1] დადგენილი იყო შემდეგი საინტერესო ფაქტი: ეკვიმოლექულური რაოდენობა უწყლო $AlCl_3$ -ის მოქმედებით დიეთილენგლიკოლის დიაცეტატი თითქმის ოდენობრივად განიცდის გახლეჩას მარტივი ეთერის ჟანგბადის კავშირთან, ორი მოლექულა β-კლორეთილ-აცეტატის წარმოქმნით. ანალოგიური სურათი შემჩნეული იყო აგრეთვე უწყლო $AlCl_3$ -ის ურთიერთქმედებისას ტრიეთილენგლიკოლის დიაცეტატთან, მაგრამ ამ შემთხვევაში β-კლორეთილაცეტატთან ერთად ადგილი აქვს 1,2 დიქლორეთანის წარმოქმნასაც.

ზემოხსენებულის საფუძველზე გამოთქმული იყო მოსაზრება, რომ განხილული რეაქცია, როგორც ჩანს, ზოგადი ხასიათისაა და იგი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს რიგი ქლორიანი ეთერების მისაღებად. წინამდებარე შრომაში ჩვენს მიზანს შეადგენდა აღნიშნული რეაქციის გავრცელება ზოგიერთი სხვა შერეული ეთერების მიმართ. ამ მიმართულებით შესწავლილი იყო უწყლო $AlCl_3$ -ის ურთიერთქმედება დიეთილენგლიკოლისა და ტრიეთილენგლიკოლის დიბენზოატებთან, საიდანაც ჩანს, რომ მიღებული შედეგები საგრძნობლად განამტკიცებენ ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებას.

როგორც დასახელებული გლიკოლების ძმარმჟავა ეთერებისათვის, ისე მათი დიბენზოატებისთვისაც გახლეჩის რეაქციები უწყლო $AlCl_3$ -ის მოქმედებით ქვემომოყვანილი სქემის შესაბამისად მიმდინარეობს:



β-კლორეთილბენზოატის გამოსავალი თეორიულის მიმართ პირველ შემთხვევაში 88,5%-ს აღწევს, მეორე შემთხვევაში კი 71,1%-ს.

ამგვარად, მოლეკულაში მარტივი ეთერის ჟანგბადისა და რთული ეთერის მეჯვური ნაშთის არსებობისას უწყლო $AlCl_3$ -ის მოქმედება უპირატესად მიმართულია პირველი მათგანის კავშირის გახლეჩისაკენ; მაგრამ ინტერესი ჩვენ მიერ შესწავლილი რეაქციებისადმი მარტო ამით არ ამოიწურება: განხილული რეაქციები შესაძლებელია გამოვიყენოთ როგორც ადვილად ხელმისაწვდომი და მოხერხებული პრეპარატიული მეთოდი β -ქლორეთილბენზოატის მისაღებად. ამ შემთხვევაში რეაქცია ძალიან კარგად მიმდინარეობს, თანამდე პროდუქტების წარმოქმნის გარეშე, და იგი შესაძლებელია დასრულებულ იქნეს მცირე დროის განმავლობაში.

ჩვენ მიერ მოწოდებული მეთოდებისაგან განსხვავებით, ამჟამად გავრცელებული გზა β -ქლორეთილბენზოატის სინთეზისა, რომელიც დაფუძნებულია ქლორიანი ბენზოლის ურთიერთქმედებაზე ეთილენქლორჰიდრინთან, საგრძნობი სიძნელეებით ხასიათდება. ეს სიძნელეები დაკავშირებულია როგორც ეთილენქლორჰიდრინის სუფთა სახით მიღებასთან, ისე საბოლოო პროდუქტის გამოყოფასთან. ამ მხრივ β -ქლორეთილბენზოატის სინთეზის უფრო მოხერხებული და მარტივი გზა მოწოდებული იყო გოლდფარბისა და სმორგონსკის მიერ [2], მაგრამ მისი გამოსავალი ავტორების მიერ აღწერილ პირობებში 70%-ს არ აღემატება და β -ქლორეთილბენზოატის წარმოქმნასთან ერთად თანამდე პროდუქტის სახით ადვილი აქვს ეთილენგლიკოლის დიბენზოატის წარმოქმნასაც.

ექსპერიმენტული ნაწილი

დიეთილენგლიკოლისა და ტრიეთილენგლიკოლის დიბენზოატები მზადდებოდა შოტტენბაუმანის მეთოდით—ბენზოილქლორიდისა და შესაბამისი გლიკოლის ურთიერთქმედებით პირიდინის არეში. ამ გზით მიღებული დიეთილენგლიკოლის დიბენზოატი შემდეგი ათვისებებით ხასიათდება: დ. ტ. 206—207° 1—1,5 მმ წნევაზე d_4^{20} 1,1743; n_D^{20} 1,5458. ლიტერატურული მონაცემებით დ. ტ. 235—237° 7 მმ წნევაზე; d_4^{20} 1,1751; n_D^{20} 1,5448 [3].

მიღებულ დიბენზოატში ბენზოლირების ხარისხს გამოწმობით შესაბამისად, რისთვისაც ვიყენებდით 0,5N ტუტის სპირტიან ხსნარს. ტრიეთილენგლიკოლის დიბენზოატის აწერა ლიტერატურაში ვერ ვნახეთ. ჩვენ მიერ მიღებული პროდუქტი (გამოსავალი 77,56% თეორიულის მიმართ) შემდეგი თვისებებით ხასიათდება: დ. ტ. 226—230° 1—1,5 მმ წნევაზე d_4^{20} 1,1717, n_D^{20} 1,5353.

შესაპენისათვის 0,0293 გრ ნივთიერების წონაკზე დაიხარჯა 0,36 მლ. 0,5N KOH-ის სპირტიანი ხსნარი. თეორიულად საჭიროა 0,32 მლ.

შესაპენისათვის 0,04436 გრ ნივთიერების წონაკზე დაიხარჯა 0,5 მლ. 0,5 N KOH-ის სპირტიანი ხსნარი. თეორიულად საჭირო რაოდენობა 0,48 მლ.

ელემენტარული ანალიზი

ნაპოვნია %: C 67,18; 67,73; %: H 5,7; 6,23;

C₂₀H₂₂O₆ გამოთვლილია %: C 67,03; %: H 6,14;

ყველა ცდის დროს უწყლო AlCl₃-ს და დასახელებული გლიკოლების დიბენზოატებს ვღებულობდით მოლარული თანაფარდობით.

I. უწყლო AlCl₃-ისა და დიეთილენგლიკოლის დიბენზოატის ურთიერთქმედება

ქვემოთ მოგვყავს აღწერა ერთ-ერთი ცდისა იმ მრავალრიცხოვანი ცდებიდან, რომლებიც ჩატარებული იყო ჩვენ მიერ უწყლო AlCl₃-ის ურთიერთქმედების შესასწავლად დიეთილენგლიკოლის დიბენზოატთან.

მრგვალძირა კულაში, რომელიც აღჭურვილი იყო უკუმაცივრით, ვათავსებდით 13 გრ დიბენზოატს. კულას პერიოდულად ვანჯღრევდით და ერთდროულად მცირე რაოდენობებით ვუმატებდით 6 გრ უწყლო AlCl₃-ს. რეაქცია იწყებოდა სარეაქციო ნარევის სუსტი შეთბობით და შემდეგ საკმაოდ ინტენსიურად მიმდინარეობდა; ამის გამო პროცესის რეგულირებისათვის კულა საჭიროებდა თანამიმდევრობით გაციებას და შემდეგ შეთბობას. რეაქცია ჩვენს ცდებში გრძელდებოდა 45 წუთიდან 1 საათამდე.

წარმოქმნილი კომპლექსი დაშლილ იქნა შემჟავებული წყლით გამოწვლილული ეთერით, გარეცხილი სოდის სუსტი ხსნარით, შემდეგ წყლით, და გამშრალი უწყლო ნატრიუმის სულფატზე. გამხსნელის მოშორების შემდეგ ნაშთი დაფრაქციონირებულ იქნა. ძირითადი მასა გამოიხადა 100—102° 1—2 მმ წნევაზე. ამ გზით სულ მიღებული იყო 13,5 გრ β-ქლორეთილბენზოატი (გამოსავალი 88,5% თეორიულის მიმართ)

n_D²⁰ 1,526; d₄²⁰ 1,1953; ლიტერატურული მონაცემებით [4] ის ხასიათდება:

დ. ტ. 118—120° 1 მმ წნევაზე; დ. ტ. 134° 30 მმ წნევაზე, d₂₀ 1,172.

ქლორის განსახდვრა

ნაპოვნია %: Cl 18,3; 18,9.

გამოთვლილია %: Cl 19,25.

II. უწყლო AlCl₃-ისა და ტრიეთილენგლიკოლის დიბენზოატის ურთიერთქმედება

ამ შემთხვევაში რეაქცია მიმდინარეობდა სრულიად ანალოგიურად, მხოლოდ β-ქლორეთილბენზოატი მიღებულ იქნა ნაკლები გამოსავლით (71—72% თეორიულის მიმართ). გარდა β-ქლორეთილბენზოატისა, რეაქციის პროდუქტებიდან შესაძლებელი გახდა უმნიშვნელო რაოდენობით 1,2-დიქლორეთანის მიღება, დ. ტ. 83—85°; d₄²⁰ 1,2572.

დასკვნები

შესწავლილია უწყლო $AlCl_3$ -ის ურთიერთქმედების რეაქციები დიეთილენგლიკოლისა და ტრიეთილენგლიკოლის დიბენზოატებთან. მოწოდებულია β -ქლორეთილბენზოატის მიღების ახალი პრეპარატიული მეთოდი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახელობის

ქიმიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 18.12.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. P. M. Лагидзе. Реакция расщепления диацетат диэтиленгликоля действием безводного хлористого алюминия. Сообщения АН ГССР, т. XI, № 8, стр. 483, 1950.
2. Я. Л. Гольдфарб и Л. М. Сморгонский. Реакции диоксонатов и тетрагидрофуранатов хлорного олова и четыреххлористого титана с хлорангидридами кислот ИОХ, 8, 1516, 1933.
3. S. M. Mc Elvain and T. P. Carney. Piperidine derivatives XVII. Local anesthetics Derived from Substituted Piperidinoalcohols. J. Am. Chem. Soc. 68, 2599, 1946.
4. W. R. Kirner. Benzoessäure—[β -chloräthylester] Zbl II S. 3043, 1926; Zbl IV s. 664, 1919.



გეოგრაფია

3. კოვალისკო

ბაქსანის ზემო ნაწილის თანამედროვე გაყინვარების
ზოგიერთი ნიშანი

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 5.5.1954)

ბაქსანის ზემო ნაწილი, რომელიც კავკასიონის მთავარი ქედის ჩრდილოეთ კალთაზე და გვერდითი ქედის ფარგლებში მდებარეობს, კავკასიის გაყინვარების ერთ-ერთ მძლავრ კერას წარმოადგენს. აქ ყინვართა საერთო რაოდენობა დაახლოებით 80-ს შეადგენს ([1], გვ. 101), მაგრამ მათი რაოდენობა ყინულის საფარის დეგრადაციასთან დაკავშირებით განუწყვეტლივ იზრდება. ბაქსანის აუზის ზემო ნაწილის გაყინვარების საერთო ფართობი მ. დემჩენკოს გამოანგარიშებით ([1], 101), 175,84 კვ. კმ უდრის, რომელთაგან იალბუზის სამხრეთი და სამხრეთ-აღმოსავლეთი კალთების ყინვარებზე მოდის 64,30 კვ. კმ.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვან თანამედროვე გაყინვარებას, გარდა იალბუზისა, ადგილი აქვს ბაქსანის მარჯვენა შენაკადების—ადილ-სუსა და ადირ-სუს ხეობებში (ცხრილი 1), სადაც ფრიად ხელსაყრელი გეომორფოლოგიური პირობებია: კალთების დამრეცობა, ვრცელი პლატოსებრი ფართობები, მაღალი მწვერვალები და განიერი უღელტეხილები, რაც შესაძლებლობას აძლევს ამიერკავკასიის ტენიანი ჰაერის მასებს გადავიდნენ კავკასიონის მთავარი ქედის ჩრდილოეთ კალთებზე, სადაც ისინი უხვ ნალექებს იძლევიან.

ცხრილი 1

გაყინვარების ფართობები ბაქსანის ზედა შენაკადების ხეობებში გ. სოკოლნიკოვისა და გ. პლატუნოვის [7] და კ. პოდოხოვსკის [5] მონაცემებით

№ რიგზე	ხეობათა დასახელება	გაყინვარების ფართობი კვ. კმ-ით	№ რიგზე	ხეობათა დასახელება	გაყინვარების ფართობი კვ. კმ-ით
1	დონლუზ-ორუნი	13,8	6	საქაშილი	7,5
2	იუსენგი	17,4	7	კირტიკი და	
3	შხელდა	21,3	8	სილტრანი	20,7
4	ადილ-სუ	23,0	9	ირიკი	22,4
5	ადირ-სუ	34,9	10	თერსკოლი	9,9
				დიდი აზაუ	32,0



გაყინვარების ფართობთა მონაცემები, რომლებიც მოყვანილია კ. სოლოფერსკის, ა. რეინგარდისა და სხვა მკვლევართა ნაშრომებში, ამჟამად საგრძნობლად მოძველდა და სინამდვილეს არ შეესაბამება, ვინაიდან მეტწილ შემთხვევებში ისინი შედგენილია 1887—1889 წწ. აგეგმვის კავკასიის ორვერსიანი რუკის საფუძველზე, ხოლო ყინვართა ფართობები მას აქეთ საგრძნობლად შემცირდა რუკის შედგენის შემდეგ ყინვართა განუწყვეტლივ უკანდახევის გამო. ეს ნათლად მტკიცდება რიგ ყინვართა ბოლოების ს. სოლოვიოვისა [8] და ი. ორენშიკოვის მიერ [4] აგეგმვის შედეგებით. ზოგიერთი ყინვარი სავსებით გაქრა, ზოგიც გაიყო და ძლიერ შემცირდა მათი ფართობი ([1], გვ. 110).

ბაქსანის ზემო ნაწილის ზოგიერთი ყინვარის ფართობის შემცირების ჩვენ მიერ წარმოებული გამოანგარიშებანი (ცხრილი 2) გვიჩვენებს გაყინვარების ფართობის საგრძნობ შემცირებას 1887 წლიდან 1932 წლამდე, რაც დაახლოებით 0,5—5 პროცენტის ფარგლებში მერყეობს.

ცხრილი 2

გაყინვარების ცვლილება ბაქსანის ზედა შენაკადების ხეობებში 1887—1942 წწ. პერიოდში

№ რიგზე	ყინვართა დასახელება	1887 წ.	1932 წ. ფარ-	ფართობის შემცი-	ფართობის შემცი-
		ფართობი კვ. კმ-ით	თობი კვ. კმ-ით	რება 1887—1932 წწ. პერიოდში კვ. კმ-ით ¹	რება 1887—1932 წწ. პერიოდში %/ო-ით
1	ირიქი	22,40	22,31	0,09	0,5
2	დასავლეთის	4,67	4,53	0,14	3
3	კონიუმაკ-ჩირანი	1,16	1,10	0,06	5
4	ბაშყარა	6,93	6,83	0,10	1,5

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, განსაკუთრებით ძლიერ შემცირდა (%/ო-ის მხრივ) მცირე ყინვართა ფართობები (კონიუმაკ-ჩირანის), იმ დროს როცა მსხვილ ყინვართა (ირიქის) ფართობები უმნიშვნელოდ შემცირდა.

კიდევ უფრო საგრძნობლად შემცირდა ყინვართა სიგრძე. როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, რაიონის სხვადასხვა ყინვარი სიგრძეზე 3%/-დან 18%/-მდე შემცირდა. ეს იმას გვიჩვენებს, რომ ყინვართა ფართობები ძირითადად ყინვარის ენის შემცირების ხარჯზე მცირდება.

შესამჩნევად შეიცვალა ყინვართა ბოლოების აბსოლუტური სიმაღლეც, რაც ნათლად ჩანს მე-4 ცხრილიდან.

1887 წლიდან 1932 წლამდე განვლილი 45 წლის მანძილზე სიმაღლის მხრივ (აწევა) განსაკუთრებით დიდი ცვლილება ემჩნევა დასავლეთის ყინვარს იუსენგის ხეობაში (89 მ) და ბაშყარას ყინვარს ადილ-სუს ხეობაში (85 მ).

მოყვანილი მონაცემები გვიჩვენებს, რომ რაიონის ყინვართა სიგრძობრივი მდებარეობა უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში საგრძნობლად შეიცვალა.

¹ გამოანგარიშებულია ს. სოლოვიოვისა [8] და ე. ორენშიკოვის [4] მონაცემების მიხედვით.



ყინვართა სიგრძის შემცირება 1887 წლიდან 1932 წლამდე

№№ რიგზე	ყინვართა დასახელება	ყინვარის სიგრძე მეტრობით 1887 წ.	ყინვარის სიგრძის შემცირება 1887—1932 წწ. პერიოდში ⁽¹⁾	ყინვარის სიგრძის შემცირება %/0-ით
1	გარაბაში	6000	800	13
2	დიდი აზაუ	12500	525	4
3	ჯანკუთა-ჩირანი	3900	500	13
4	დასავლეთის	5930	450	8
5	კაშკა-ტაში	5200	430	8
6	კონიუმაკ-ჩირანი	1910	350	18
7	ბაშყარა	4260	350	8
8	ოზენგი	3000	80—100	3

ყინვართა სიგრძობრივი მდებარეობის საერთო შეცვლასთან ერთად იცვლებოდა მათი თოვლის ხაზის სიმაღლეც. სხვადასხვა მკვლევრის მონაცემები თოვლის ხაზის სიმაღლის შესახებ ამ რაიონში ძალიან ხშირად საგრძნობლად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რაც, უმთავრესად, მკვლევართა მიერ გამოყენებული სხვადასხვა მეთოდიკით აიხსნება, მაგრამ მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ აგრეთვე დიდ სხვაობათა მიღების შესაძლებლობაც დროში არსებული დიდი ხარვეზის გამო.

ბაქსანის ზემო ნაწილის ზოგიერთი ყინვარის აბსოლუტური სიმაღლის ცვალებადობა 1887—1932 წწ. პერიოდში

№№ რიგზე	ყინვართა დასახელება	ყინვარის ბოლოს აბსოლუტური სიმაღლე მეტრობით		ყინვარის ბოლოს უკანდახვევა 1887 წლიდან 1932 წლამდე მეტრობით ვერტიკალურად
		1887 წ.	1932 წ. ⁽¹⁾	
1	თერსკოლი	2624	2640	16
2	მცირე აზაუ დასავლეთის	2887	2895	8
3	მცირე აზაუ აღმოსავლეთის	2351	2390	39
4	კონიუმაკ-ჩირანი	2980	3020	40
5	დასავლეთის	2461	2550	89
6	ოზენგი	2461	2470	9
7	ბაშყარა	2365	2450	85
8	შეღდა	2215	2230	15

კავკასიონზე თოვლის ხაზის სიმაღლის პირველი გამოკვლევა ეკუთვნის ი. სტებნიცკის (1873 წ.), რომელიც აღნიშნავს, რომ კავკასიონის ჩრდილოეთი კალთის ყინვარების თოვლის ხაზის სიმაღლე დაახლოებით 3200 მეტრს უდრის.

(¹ ს. ს. ალ. ოვი ოვისა [8] და ე. ორეშნიკოვის [4] მონაცემებით.)



1877 წელს თოვლის ხაზის სიმაღლეს კავკასიონის ზოგიერთი ნაწილისათვის არკვევდა პ. აბიხი ([6], გვ. 1). იალბუზის დასავლეთი კალთისათვის მან თოვლის ხაზის სიმაღლე 3329 მეტრით განსაზღვრა.

1910 წელს ა. რეინგარდმა [9], რომელიც გეოგრაფიული მეთოდით სარგებლობდა, უმთავრესად ხუთვერსიანი რუკის მონაცემებისა და არსებულ დაკვირვებათა საფუძველზე განიზრახა დაახლოებით გამოერკვია მთელი კავკასიონის თოვლის ხაზის სიმაღლე. მან შეადგინა რუკა, რომელზეც თოვლის ხაზის სიმაღლე აღნიშნულია იზოჰიტების საშუალებით. მიუხედავად ამისა, ამ რუკაზე მოცემული ცნობები არ გამოირჩევა სიზუსტით და, როგორც თვითონ ავტორიც აღნიშნავს ([6], გვ. 2), დეტალური გამოკვლევისათვის არასაკმაოა.

1916 წელს ა. რეინგარდმა, ისარგებლა რა 1:42000 მასშტაბიანი სამხედრო-ტოპოგრაფიული აგეგმვის რუკით, გამოიანგარიშა (კუროვსკის მეთოდით) თოვლის ხაზის სიმაღლე კავკასიონის დასავლეთი ნაწილისათვის [6]. ა. რეინგარდმა თავის ნაშრომს დაურთო თოვლის ხაზის იზოჰიტებიანი რუკა, დატანილი ხუთვერსიანი მასშტაბის რუკაზე. ჩვენ მიერ აღწერილი რაიონისათვის ამ ნაშრომში მოცემულია თოვლის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრა იალბუზზე, მის სამხრეთ-აღმოსავლეთ შტოებზე, აგრეთვე ბაქსანის მარჯვენა შენაკადების—დონლუზ-ორუნის, იუსენგისა და ნაწილობრივ ადილ-სუს ხეობებში. იგი აღნიშნავს იალბუზის სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და სამხრეთი კალთების ცალკეული ყინვარების თოვლის ხაზის სიმაღლის შემდეგ მონაცემებს ([6], გვ. 21): ყინვარები ირიქი, ირიქ-ჩატი—3800 მ, ყინვარები თერსკოლი, გარაბაში, მცირე აზაუ—3850 მ და დიდი აზაუ—3790 მ.

ყინვართა თოვლის ხაზის სიმაღლე იალბუზის სხვადასხვა კალთაზე სხვადასხვანაირია. ჩრდილოეთ კალთებისათვის ა. რეინგარდი ([6], გვ. 22) აღნიშნავს თოვლის ხაზის სიმაღლეს 3900 მ, დასავლეთ კალთისათვის კი 3700 მ, რაც, მისი აზრით, დამოკიდებულია კალთების სხვადასხვა მორფოლოგიასა და კალთების მიმდებარე რაიონების კლიმატის სიმშრალის სხვადასხვაობაზე. ესოდენ მაღალი თოვლის ხაზი ჩვენ ვგაქვს მხოლოდ იალბუზის კალთებზე, იმ დროს როცა მის განშტოებებზე ის საგრძნობლად უფრო დაბალია (3200—3600 მეტრამდე), რაც დაკავშირებული უნდა იქნეს იალბუზის მასიური აზიდვის გავლენასთან ([6], გვ. 22).

იალბუზის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ტოტებისათვის ა. რეინგარდი მიუთითებს კირტიკის ხეობის მცირე ყინვარების (მისი აღნიშვნის მიხედვით 328 და 329) თოვლის ხაზის სიმაღლეს—3390 მ ([6], გვ. 50). ბაქსანის ზედა ნაწილის მარჯვენა კალთებისათვის (ჭვიბერ-აზაუს ყინვარი, დონლუზ-ორუნის ხეობის ყინვარები) რეინგარდი აღნიშნავს თოვლის ხაზის სიმაღლეს 3240 მ, ხოლო იუსენგის ხეობისათვის —3260 მ ([6], გვ. 25).

ყველა ზემოთ მოყვანილი მონაცემი რაიონის თოვლის ხაზის სიმაღლის შესახებ უთუოდ არ შეესაბამება მის დღევანდელ მდებარეობას და, როგორც გვიჩვენებს ჩვენი დაკვირვებები თოვლის ხაზის ფაქტობრივ სიმაღლეზე, ის ა. რეინგარდის მიერ აღნიშნულ სიმაღლეზე 50—60 მ უფრო მაღალია.



აღნიშნული რაიონის ყველა ყინვარი ხასიათდება უკანდახევით, რაც ალბათ განპირობებულია ჰავის საერთო ვათბობით [1]. მაგრამ ცნობილია აღწერილი რაიონის ზოგიერთი ყინვარის წინსვლის შემთხვევებიც (დიდი აზაუ, აღირ-სუ, შხელდა და სხვ.), თუმცა მათი წინსვლითი მოძრაობა უკანდახევის საერთო ფონზე მეტად უმნიშვნელოდ უნდა მივიჩნიოთ.

ყინვართა ბოლოების მოძრაობის სიჩქარეზე საგრძნობ გავლენას ახდენს ტემპერატურის შეცვლა [8]. მაღალი ტემპერატურის დროს ყინვართა დნობა უფრო ენერგიულად წარმოებს, ვიდრე დაბალი ტემპერატურის დროს, ამიტომ ყინვარის წინსვლითი მოძრაობა ძლიერი აბლაციის პირობებში ნელდება.

ყინვარის სივრცობრივ მდებარეობაზე კიდევ უფრო საგრძნობ გავლენას ახდენს ნალექები. წინა წლებში მოსული ნალექების რაოდენობასთან დაკავშირებით, ყინვარის ბოლოსთან მოდიან სხვადასხვა სიმძლავრის ყინულის მასები, და რამდენადაც მეტია მათი სიმძლავრე, მით უფრო დაბლა შეუძლიათ დაეშვან, სანამ სულ გადნებოდნენ. ყინვარის კიდევ ყინულის სიმძლავრის გადიდებასა და მისი აბლაციას შესუსტებას შორის ხელსაყრელი შეფარდების პირობებში შესაძლებელია მოხდეს ყინვარის წინსვლა. ყინვართა წინსვლის დაკავშირება მხოლოდ ტემპერატურის დაკლებასთან ძნელია, რადგან ასეთ შემთხვევაში წინსვლით მოძრაობას უნდა ჰქონდეს გაცილებით უფრო ფართო და არა გამონაკლისის ხასიათი, როგორც ამას ვამჩნევთ სინამდვილეში: იმ დროს, როცა რამდენიმე ყინვარი განიცდის წინსვლას, ყინვართა უმეტესობა უკანდახევას განაგრძობს.

შხელდისა და ჩეგეთყარა-ჩირანის ყინვარების წინ წამოწევა და შემდეგ უკანდახევა შეიძლება აიხსნას ყინვარების სუსტი აბლაციით იმის გამო, რომ ისინი დაფარული არიან ზედაპირული მორენის სქელი ფენით.

ბაქსანის ზემო ნაწილში არის სხვადასხვა ფორმისა და კვების პირობებით განსხვავებული ყინვარები [4]. აქ შეიძლება გამოიყოს:

1. ყინვარები, რომელთაც კვების რამდენიმე მსხვილი არე აქვთ (შხელდის);
2. ყინვარები, რომლებიც იკვებებიან კვების საერთო აუზიდან (იალბუზის ყინვარები);
3. ყინვარები, რომელთაც აქვთ კვების ერთი მსხვილი არე (ჯანკუათ-ჩირანი);
4. ყინვარები, რომლებსაც არა აქვთ ფირნის ცირკი და იკვებებიან მოკლე, ციცაბოდ ვარდნილი შტოებისა და ზვავების ხარჯზე (ბაშყარა);
5. ყინვარები, რომლებიც არსებობენ მხოლოდ ზვავების ხარჯზე (ჩეგეთყარა-ჩირანი);
6. აღდგენილი ყინვარები (რეგენერირებულნი), რომლებიც იკვებებიან ყინულის ჩამონანგრევებით. ისინი ფლატის ძირში კვლავ იყინებიან და ჩნდება ახალი ყინვარები (კაშკა-ტაში, თერსკოლი);
7. კარული ყინვარები (ირიქის ხეობაში).

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
ვანუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

სამიწმეზული ლიტერატურა

1. М. А. Демченко. До зледеніння Центрального Кавказу. Наукові записки харківського державн. педагогічного інститута, т. IV, 1940.
2. П. В. Ковалев. Ледник Шхельды. Известия Всесоюзн. географического общества, т. 83, в. 6, 1951.
3. П. В. Ковалев и Г. П. Дубинский. Долина Адыл-су. Побежденные вершины. Ежегодник советского альпинизма. 1951.
4. Е. И. Орешникова. Ледники Эльбрусского района по исследованиям 1932—33 гг. Труды ледниковых экспедиций, в. 5, 1936.
5. К. И. Подозерский. Ледники Кавказского хребта. Зап. Кавказ. отдел. русского географич. общества, т. 29, в. 1, 1911.
6. А. Л. Рейнгард. Снеговая граница в Западном Кавказе между Эльбрусом и Марухом. Известия Кавказск. отдел. русского географич. общества, т. 24. № 3, 1916.
7. В. М. Сокольников и Г. А. Платунов. Водоносность ледниковых рек верховьев реки Баксан и ее притоков. Исследование ледников СССР, в. 2—3, 1935.
8. С. П. Соловьев. О состоянии ледников Эльбрусского района и к вопросу о причине их отступания. Известия Государств. географического общества, т. 65, в. 2, 1933.
9. A. Reinhard. Zur Lage der Schneegrenze im Kaukasus. Zeitschrift der Ges. f. Erdkunde in Berlin, 1911.

გეოლოგია

ა. რუზინშტეინი

საქართველოს ზოგი მამოური წარმონაქმნის აბსოლუტური ასაკის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯანელიძემ 29.4.1955)

მას შემდეგ, რაც ბუნებრივი რადიოაქტიური დაშლა და ამ პროცესის სიჩქარის ერთზომიერობა აღმოაჩინეს, აშკარა გახდა, რომ ეს მოვლენა გეოლოგებს ხელში აძლევს ძლიერ იარაღს, რომლის მეშვეობით შესაძლებელი ხდება გეოლოგიური წარმონაქმნების ასაკის დადგენა წლების მიხედვით, რასაც ჩვეულებრივად, თუმცა არც თუ ისე მოხდენილად, აბსოლუტურ ასაკს უწოდებენ.

მაგმური მინერალების აბსოლუტური ასაკის დადგენის კლასიკურ მეთოდებს ტყვიისა და ჰელიუმის მეთოდები წარმოადგენენ, რომელთაც საფუძვლად უდევს ურანის, აქტინოურანისა და თორიუმის გადასვლა ტყვიასა და ჰელიუმში.

მაგრამ ამ მეთოდების ფართო გამოყენება გეოლოგიურ პრაქტიკაში შეზღუდულია საჭირო მინერალების მცირე გავრცელებით, სათანადო გაზომვების ჩატარების ხანგრძლივობითა და მეთოდური სიძნელეებითაც. ბოლო დროს რამდენიმე ახალი მეთოდი დამუშავდა (სტრონციუმის, ნახშირბადის, არგონის, ქსენონისა და ზოგი სხვა),—რომელთა შორის ყველაზე პერსპექტიული ჯერჯერობით არგონის მეთოდია.

ასაკის გამოთვლა შემდეგი ფორმულის მიხედვით ხდება: $\bar{N} = N(e^{\lambda t} - 1)$, სადაც \bar{N} რადიოაქტიური შეცვლის პროდუქტის ატომთა რაოდენობაა, N —დღემდე შეუცვლელი რადიოაქტიური ელემენტის ატომთა რიცხვს წარმოადგენს, λ ე. წ. დაშლის კონსტანტია, რომლის განზომილება დროის შებრუნებითია, ხოლო t მინერალის ასაკია წლების მიხედვით.

არგონის მეთოდი, რომელიც პირველად ჩვენში, საბჭოთა კავშირში, ე. გერლინგის მიერ იქნა დამუშავებული [2], კალიუმის იზოტოპის K^{40} -ის რადიოაქტივობის განსაკუთრებულ ტიპზე დაყარებული, რომელიც K —ჩაჭერის სახელით არის ცნობილი. ამ იზოტოპის ნაწილი ბირთვთან ახლოდებელი ელექტრონული გარსის ერთი ელექტრონის ჩაჭერის გზით Ar^{40} -ში გადადის. კალიუმის შემცველი მინერალის ასაკის დასადგენად საჭიროა მასში კალიუმისა და მის ხარჯზე წარმოშობილი არგონის განსაზღვრა. გარდა ამისა, უნდა ვიცოდეთ როგორც კალიუმის, ისე ატმოსფერული არგონის იზოტოპური შედგენილობა და K^{40} -ის დაშლის კონსტანტებიც.

არგონის მეთოდის პრაქტიკული ათვისების საქმეში მნიშვნელოვან წინსვლას წარმოადგენს ხ. ამირხანოვის და ი. გურვიჩის გამოკვლევები, რომელიც ჩატარდა სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის დაღესტნის ფილიალის ფიზიკის ლაბორატორიაში. ამ გამოკვლევების შემდეგ ბევრად გაუმჯობესდა არგონის შემცველობის დადგენის მეთოდიკა და მნიშვნელოვნად გაიზარდა გაზომვების შესაძლებელი რაოდენობაც.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტმა, სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის დაღესტნის ფილიალის ფიზიკის ლაბორატორიასთან თანამშრომლობით, საქართველოს მაგმური წარმონაქმნების აბსოლუტური ასაკის რიგი გაზომვა ჩატარა.

კალიუმის რაოდენობა ნიმუშებში განსაზღვრულ იქნა გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტის ქიმიურ ლაბორატორიაში ო. რაზმაძისა და ბ. ლაშხის მიერ, ხოლო რადიოგენული არგონის რაოდენობა—სსრ კავშირის მეცნ. აკადემიის დაღესტნის ფილიალის ასპირანტ ს. სადაროვის მიერ. გაზომვებისათვის საჭირო მასალის შერჩევაში მონაწილეობა მიიღეს ა. გამყრელიძემ, გ. ზარიძემ, ნ. თათრიშვილმა, ა. კიკიანმა, ნ. სხირტლაძემ და შ. ჯავახიშვილმა; ცდების ჩატარებაში მნიშვნელოვანი დახმარება გავეციეს ხ. ამირხანოვმა და ი. გურვიჩმა, რისთვისაც ყველას გულწრფელ მადლობას მოვახსენებთ.

შესწავლის ერთ-ერთ ძირითად ობიექტად ჩვენ მიერ შერჩეულ იქნა ძირულის მასივის ფარგლებში ცნობილი იურულისწინა პეგმატიტები. ეს მასივი საქართველოს ბელტის ძველი სუბსტრატის აზვეებული ნაწილია და მის უძველეს ნაწილს წარმოადგენს გ. ზარიძისა და ნ. თათრიშვილის მიერ [4] დეტალურად შესწავლილი მეტამორფული ქანების კომპლექსი. ეს არის ძირითადად გრანიტული მასალით ინიცირებული კრისტალური ფიქლები; არაინიცირებული და სუსტად ინიცირებული ქანები შედარებით იშვიათია და ამფიბოლიტებითა და რქატყუარა-ბიოტიტიანი ფიქლებით არის წარმოდგენილი. შეიმჩნევა ინიცირებული კრისტალური ფიქლების თანდათან გადასვლა გენეისებურ კვარციან დიორიტებში. კრისტალური ფიქლები სერპენტინიტებითა და გაბროიდებით იკვეთება.

კრისტალური ფიქლების გვერდით ძირულის მასივში ცნობილია უფრო სუსტად მეტამორფიზებული ქანების გამოსავლებიც; ე. წ. ფილიტების წყება. ამ წყებაში, რომლის შედგენილობაში სხვადასხვა მეტამორფული ფიქლები მონაწილეობენ, არის მარმარილოს ლინზებიც არქეოციატების კამბრიული ფაუნით.

კრისტალური ფიქლებისა და ფილიტების დამოკიდებულება მთლად გამორკვეული არაა, თუმცა საკმაოდ შესაძლებლად მიგვაჩნია, რომ ეს იყოს ნაწილები ერთისა და იმავე მეტამორფული კომპლექსისა, რომელმაც კამბრიულის შემდგომი რევიონული და ინიექციური მეტამორფიზმი განიცადა [4,6].

იურულისწინა მყავე ინტრუზიული მოქმედების შემდეგი ფაზისი გამოიხატება ვარდისფერი, იშვიათად რუხი, ხშირად პორფირისებური, ბიოტიტიანი და ორქარსიანი მიკროკლინიანი გრანიტების შემოჭრაში. ამ გრანიტებ-

თან არის დაკავშირებული ალიასკიტები, აპლიტები და პეგმატიტების უბნები.

ძირულის მასივის პალეოზოოურის შემდგომი ინტრუზიული წარმონაქმნები შუაიურული გრანიტოიდებითა (ხევის-ჯვრის ინტრუზია) და მჟავე და ფუძევი ჰიპაბისური სხეულებით არის წარმოდგენილი.

ვარდისფერ გრანიტებთან დაკავშირებულ პეგმატიტურ უბანთაგან უდიდესია შროშისა, რომელიც მდ. მდ. გეზრულასა და მაჭარულას წყალგამყოფზე მდებარეობს. აქ რამდენიმე ათეული პეგმატიტური ძარღვია ცნობილი, რომლებიც ან ვარდისფერი გრანიტების მიერ ინიცირებულ გენეისებურ კვარციან დიორიტებში, ან მათი გამკვეთი გაბროს სხეულშია მოქცეული. პეგმატიტების შედგენილობაში ძირითადად მონაწილეობას ღებულობს კვარცი, მიკროკლინ-მიკროპერტიტი (ჩვეულებრივად ვარდისფერი) და მუსკოვიტი; დამორჩილებულ როლს თამაშობს ალბიტი.

ასაკის განსასაზღვრავად პეგმატიტური ძარღვიდან, რომელიც მდ. გეზრულის მარჯვენა შენაკადში-სარახის ლელეში შიშვლდება, ჩვენ მიერ აღებულ იქნა მუსკოვიტის მოზრდილი ნაკრტენისებრი კრისტალები ($K_2O-10,61\%$).

ასაკის სამი განსაზღვრის საშუალო არითმეტიკულმა 258 მილიონი წელიწადი შეადგინა; გაზომვების მაქსიმალური გადახრა $6,2\%$ -ია. აქედან გამომდინარეობს, რომ პეგმატიტის ასაკი და, მაშასადამე, ვარდისფერი პორფირისებური გრანიტების ასაკიც, კარბონული უნდა იყოს.

ამრიგად, მართლდება გეოლოგიური წარმოდგენა იმის შესახებ, რომ ძირულის მასივის გრანიტოიდების ვარდისფერი ფაციესი ჰერცინულია.

არანაკლებად საინტერესოა კავკასიონის კრისტალური გულის ე. წ. „რუხი“ გრანიტების ასაკის საკითხი, რომელსაც მკვლევართა უმრავლესობა კამბრიულისწინად ან ქვედა პალეოზოოურად თვლის. ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა მუსკოვიტი, აღებული პეგმატიტური ძარღვიდან, რომელიც მდ. ტებერდის სათავეებში, მდ. ალიბეკის ჩრდილოეთით შიშვლდება მთა სემიონოვ-ბაშის რაიონში. შ. ჯავახიშვილის მიხედვით, ეს ძარღვი დაკავშირებულია ტიპიურ „რუხ“ გრანიტებთან, რომლებშიაც ზოგ ადგილას კრისტალური ფიქლების რელიქტებიც გვხვდება.

ძარღვის აგებულებაში მონაწილეობას ღებულობს კვარცი, მესერიანი მიკროკლინ-პერტიტი, ალბიტის რიგის პლაგიოკლაზი, მუსკოვიტი და, ბევრად უფრო იშვიათად, ბიოტიტიც. მუსკოვიტში K_2O $9,81\%$ არის. რადიოგენული არგონის რაოდენობის გაზომვა ორჯერ ჩატარდა და მან ძალიან დაახლოებული შედეგები მოგვცა—გადახრა საშუალო არითმეტიკულისაგან 2% -ზე ნაკლებია. ასაკის მიღებული მნიშვნელობა 235 მილიონ წელიწადს შეადგენს, რაც შუა კარბონულს შეესაბამება.

ამრიგად, თუ დაუფიქვით, რომ შესწავლილი პეგმატიტური ძარღვი არაა დაკავშირებული რაიმე უფრო ახალგაზრდა ინტრუზიულ ფაზასთან, ვიდრე შემცველი გრანიტები, მაშინ მტკიცდება გ. აფანასიევის [1] შეხედულება ცენტრული კავკასიონის „რუხი“ გრანიტოიდების ზედა პალეოზოოური ასაკის შესახებ.

ძირულის მასივისა და კავკასიონის კრისტალური გულის პეგმატიტების აბსოლუტური ასაკის შესახებ მიღებული მონაცემების შედარება გვარწმუნებს, რომ ზედა პალეოზოოურ, პერცინულ მაგმურ ციკლს დიდი მნიშვნელობა აქვს კავკასიის ძველი კრისტალური მასივების ჩამოყალიბებაში, რაც სავსებით ეთანხმება ა. ჯანელიძის წარმოდგენებს კავკასიის გეოტექტონიკური ფორმირების შესახებ [3]. გამოსარკვევია კალედონური და უფრო ძველი მაგმური ციკლების მნიშვნელობა.

შემდეგი საკითხი, რომელიც ჩვენ წინაშე წამოიჭრება, ეხება უფრო ახალგაზრდა, აშკარად მესამეული მაგმური წარმონაქმნების ასაკის განსაზღვრის შესაძლებლობას კალიუმ-არგონის ექსპრეს-მეთოდის მეშვეობით.

სათანადო მასალა აღებულ იქნა გურიის შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი წყების გავრცელების არიდან. აქ, მდ. ნატანების გასწვრივ, შიშვლდება ტუტე სიენიტის მასივი, რომელთანაც მსხვილმარცვლოვანი, ვაკი-ჯვრის პეგმატიტების სახელით ცნობილი, მინერალური ძარღვებია დაკავშირებული. ამ პეგმატიტური წარმონაქმნების შედგენილობაში, რომელიც გ. გვახარიამ და ა. გამყრელიძემ შეისწავლეს, შედის აქტინოლითი, ანორთოკლასი, პლაგიოკლასი, ბიოტიტი და მაგნეტიტი. საკმაოდ დიდი რაოდენობით გვხვდება აპატიტი და პირიტიც. გაზომილ იქნა რკინის მცირე რაოდენობის შემცველი ბიოტიტი ($Np=1,576 \pm 0,001$; $Ng=1,621 \pm 0,001$), რომელშიაც K_2O $10,41\%$ -ია. გაზომვები ორჯერ ჩატარდა და შედეგები ერთმანეთს თითქმის ზუსტად დაემთხვა. ბიოტიტის ასაკი, გეოლოგიურ გარემოსთან სრული თანხმობით, დაახლოებით 30 მილიონი წელიწადის ტოლი აღმოჩნდა, რაც პალეოგენის ბოლოს უბასუხებს.

ამრიგად, ჩვენმა გაზომვებმა დაადასტურეს ე. გერლინგის აზრი მაგმური წარმონაქმნების ასაკის დასადგენად ქარსების სრული ვარგისობის შესახებ, ხოლო კალიუმ-არგონის ექსპრეს-მეთოდის შესაძლო გამოყენების არე ფართოდება პალეოგენამდე ჩათვლით.

ექვს არ იწვევს, რომ მეზოზოური ქარსების ანალიზმაც დადებითი შედეგი უნდა მოგვცეს.

ცალკე ჩატარდა არგონის შედარებითი განსაზღვრა ერთისა და იმავე პეგმატიტური ძარღვიდან აღებული კალიუმის მინდვრის შპატისა (პერტიტიზებული მიკროკლინი) და მუსკოვიტის ზიხედვით. სათანადო რიცხვები ჩვენ არ მოგვეყვას, ვინაიდან კალიუმის ანალიზები შემოწმებას მოითხოვენ, მაგრამ მუსკოვიტსა და მიკროკლინიში რადიოგენული არგონის შემცველობა იმდენად განსხვავებულია (მუსკოვიტში 16-ჯერ მეტი!), რომ შეიძლება დამტკიცებულად ჩაითვალოს ე. გერლინგის დასკვნა იმის შესახებ, რომ პერტიტიზებული მიკროკლინი ასაკის ბევრად ნაკლებ მნიშვნელობას იძლევა, ვიდრე მუსკოვიტი. ეს განსხვავება განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანი უნდა იყოს პალეოზოური და მეზოზოური ქანების ასაკის გაზომვისას.

თუ შემდგომმა გამოკვლევებმა საშუალება მოგვცა საბოლოოდ დავრწმუნდეთ, რომ კალიუმის მინდვრის შპატის მიერ არგონის დაკარგვის მიზეზი სწორედ პერტიტიზაციის პროცესია, მაშინ ბუნებრივად იბადება კითხვა: ხომ



არ შეიძლება სპეციალური გაზომვების მეშვეობით ვცადოთ დავადგინოთ ასაკი თვით პერტიტიზაციის პროცესისა, რომელიც არსებითად მყარფაზოვან რეაქციას (მყარი ხსნარის დაშლას) წარმოადგენს?

მართლაც, თუ რომ ეს პროცესი შედარებით ხანმოკლე იქნებოდა, ნიმუშის გეოლოგიურ ასაკთან შეუსადარი, მაშინ არგონის დიდ დაკარგვასაც ადვილი არ ექნებოდა; ამრიგად, არ გვექნებოდა განსხვავებაც მიკროკლინისა და ქარსის მეშვეობით მიღებული ასაკის მნიშვნელობაშიც.

ამჟამად მორიგი ამოცანაა, შესწავლილ იქნეს ყველა კალიუმშემცველი მაგმური მინერალი და ვულკანური მინები იმ თვალსაზრისით, თუ რამდენად გამოსადგვია ისინი ასაკის განსასაზღვრავად. ამ მინერალთა რიცხვს, პირველ რიგში, ტუტე პიროქსენები და ამფიბოლები, ლეიციტი, ნეფელინი და, შესაძლოა, გრანატები, შპინელები და აპოფილიტი ეკუთვნის.

ამასთან, პრაქტიკული თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს საკითხი იმის შესახებ, თუ რა უნდა ვუყოთ იმ ქანებს, საიდანაც შეუძლებელია საკმარისი რაოდენობით ქარსის გამოყოფა, ანდა სადაც საერთოდ არაა ქარსი? ხომ აშკარაა, რომ კალიუმისა და არგონის რაოდენობის ჯამური განსაზღვრა ქანში, თუ გავითვალისწინებთ არგონის გარდუვალ დაკარგვას, ასაკის ნაკლებ რიცხვს მოგვცემს. რაც უფრო მეტად იქნება ქანი გამოფიტული, რამდენადაც უფრო მნიშვნელოვანი იქნება გავლენა ქანის ჩამოყალიბების შემდეგ მომხდარი რეაქციებისა (მათ შორის მყარფაზოვანისა), მით უფრო დიდი აღმოჩნდება ქანის „გაახალგაზრდებაც“.

სრულიად აშკარაა, რომ ამ გზით ერთისა და იმავე ინტრუზიული მასივისათვის სულ სხვადასხვა ასაკობრივი მნიშვნელობა შეიძლება მივიღოთ. ამის მიუხედავად, ასეთი გაზომვები მაინც უდავოდ საჭიროა, მაგრამ მიღებული რიცხვი ჩვენ უნდა შევფასოთ არა როგორც ქანის ნამდვილი ასაკი, არამედ როგორც ქანის ნამდვილი ასაკის ზედა საზღვარი; სხვანაირად რომ ვსთქვათ, ქანი არგონის მეთოდით მიღებულ მნიშვნელობაზე გარკვეულად ძველი უნდა იყოს.

ადვილად გასაგებია, რომ ასეთი შედეგიც მნიშვნელოვანია გეოლოგებისათვის, განსაკუთრებით იმათთვის, ვისაც კრისტალური ქანების გავრცელების დიდ ფართობზე უხდება მუშაობა.

ამ თვალსაზრისით ჩვენ რამდენიმე განსაზღვრა ჩავატარეთ. მოვიყვანთ მხოლოდ იმ მონაცემებს, სადაც კალიუმის შემცველობის განსაზღვრა ეჭვს არ იწვევს. ერთ-ერთ ნიმუშად აღებულ იქნა მდ. ყუმურის (აჭარა-თრიალეთის ქედის ჩრდილო კალთა) ბარკევიკიტიანი სიენიტი. ეს მასივი ზედა ეოცენის ტუფოგენურ წყებაშია განლაგებული და, გ. ძოწენიძისა და ნ. სხირტლადის აზრით [7], მასთან გენეტურადაა დაკავშირებული. ქანი მსხვილმარცვლოვანია და მის შედგენილობაში ანდეზინის რიგის პლაგიოკლაზი, კალიშპატი, ბარკევიკიტი, პიროქსენი, ანალციმი და მეზოლიტი შედის. კალიშპატი ინტენსიურად პელიტიზებულია. არგონის შემცველობა ქანში თითქმის გაზომვის ჩატარების შესაძლებლობის ზღვარზე აღმოჩნდა, რის გამოც „ასაკის“ განსა-



ზღვრის სიზუსტე (17 მილიონი წელიწადი) ძალიან მცირეა. მაინც, ზედა ეოცენური ქანისათვის ზედა საზღვრის მიღებული მნიშვნელობა, რომელიც შუა ნეოგენს უპასუხებს, საესებით მისაღებია.

რადიოგენული არგონის შემცველობის ბევრად უფრო სანდო რიცხვი მივიღეთ ჩვენ კურსების ტემენიტისათვის, რომელიც ნ. სხირტლადის მიერ არის დეტალურად შესწავლილი [5]. ეს ინტრუზივი ბათურ ნახშირიან წყებასა და ფურცელა ფიქლების წყებას კვეთს. კალიუმი ამ ქანში, როგორც წინა შემთხვევაშიც, ძალიან დაბალი ინტენსიურად პელიტიზებულ და ანალიზით შენაცვლებულ კალიუმის მინდვრის შპატთან და ბერკევიკიტთან არის დაკავშირებული. ქანის „ასაკი“ 41 მილიონი წელიწადი აღმოჩნდა, რაც დაახლოებით შუა პალეოგენს უპასუხებს. სხვანაირად რომ ვთქვათ, ქანი ეოცენის მიწურულზე ახალგაზრდა არ უნდა იყოს.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ სოფ. ნიკორწმინდაში სრულიად ანალოგიური ტემენიტი ალბურს კვეთს, აშკარა გახდება, რომ ქუთაისის ტემენიტების ნამდვილი ასაკი ზედა ცარც-შუა ეოცენის სტრატეგრაფიულ შუალედში თავსდება. ყოველ შემთხვევაში, ეჭვს თითქო არ უნდა იწვევდეს, რომ ქუთაისის ტემენიტები გურიის ნეფელინიან სიენიტებზე ძველი უნდა იყოს.

ასეთია, ზოგადად, კალიუმ-არგონის ექსპრეს-მეთოდის გამოყენების პირველი ცდების შედეგები საქართველოს მაგმური წარმონაქმნების მაგალითზე. ამ მეთოდის დიდი შესაძლებლობანი, ვფიქრობთ, სრულიად ნათელი უნდა იყოს.

შემდგომი მუშაობის ამოცანებს უნდა წარმოადგენდეს როგორც ცალკეული ინტრუზიული და ეფუზიური სხეულების ასაკის განსაზღვრა, ისე მეთოდური გამოკვლევებიც, რაზედაც ჩვენ უკვე გვქონდა ლაპარაკი.

ამასთან დაკავშირებით საჭიროა აღინიშნოს, რომ ყურადღების გარეშე არ უნდა დაეტოვოთ აუტიგენური წარმოშობის დანალექი მინერალები; ამ მხრივ განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს გლაუკონიტი, რომელიც სტრუქტურულად ქარსებთან ძალიან ახლო დგას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 29.4.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Д. Афанасьев. Некоторые особенности развития магматизма северо-кавказской складчатой области. Известия АН СССР, сер. геол., № 4, 1952.
2. Э. К. Герлинг. Аргонный метод определения возраста минералов и пород. Труды I сессии комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций, АН СССР, 1954.
3. А. И. Джанелидзе. К вопросу о геотектоническом расчленении территории Грузии. Вопросы петрографии и минералогии, АН СССР, 1953.
4. Г. М. Заридзе и Н. Ф. Татришвили. О возрастных взаимоотношениях и генезисе древних кристаллических пород Дзиркульского массива. Гეოლოგიური ინსტიტუტის შრომები, მინერ.-პეტრ. სერია, ტ. III, 1953.
5. სხირტლადე. დასავლეთ საქართველოს ტემენიტური ფორმაცია. გეოლოგიური ინსტიტუტის შრომები, მინერ.-პეტრ. სერია, ტ. I, ნაკვ. 1, 1943.
6. ს. ჩიხელიძე. იურისწინა ნალექები საქართველოში. გეოლოგიური ინსტიტუტის შრომები, მინერ.-პეტრ. სერია, ტ. I, ნაკვ. 2, 1948.
7. გ. დოწენიძე და ნ. სხირტლადე. ანალიზიანი სიენიტის ახალი ინტრუზივი აპარაიმერეთის ქედის ჩრდილო კალთებზე, საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. X, № 8, 1949.



პალეონტოლოგია

ლ. გაბუნია

**BOVINAE-ს ახალი წარმომადგენელი აღმოსავლეთ საქართველოს
ზედა მიოცენიდან**

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ლ. დავითაშვილმა 15.7.1954)

ამასწინათ გამოქვეყნებულ წერილში [1], რომელიც სოფ. არკნეთის მახლობლად აღმოჩენილ ჰიპარიონული ფაუნის ადგილსაპოვებელს ეხება, აღნიშნულია არკნეთის ფაუნის ზოგიერთი თავისებურება და გამოთქმულია ვარაუდი მის წარმომადგენელთა ცხოვრების პირობების შესახებ.

არკნეთის ფაუნის შემდგომმა შესწავლამ საშუალება მომცა დამეზუსტებინა ჩემი წინასწარი განსაზღვრები და დამედგინა რიგი მეტად საინტერესო, თავისებური ფორმები, რომელთა შორის, პირველ ყოვლისა, ყურადღებას იპყრობს Bovinae-ს ახალი წარმომადგენელი *Phronetragus arknethensis* gen. nov. et sp. nov. ჩემს წერილს სწორედ ამ ახალი ფორმის მოკლე აღწერას ვუძღვნი.

ოჯახი Bovidae

ქვეოჯახი Bovinae

გვარი *Phronetragus* gen. nov.

Phronetragus arknethensis gen. nov. et sp. nov.

გეოტიპი. თავის ქალას ფრაგმენტი მარჯვენა რქით (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიოლოგიის სექტორის კოლექცია, № 5/4). ადგილსაპოვებელი. სოფ. არკნეთის მიდამოები, საქართველოს სსრ, სამხრეთ ოსეთის ავტონომიური ოლქი.

გეოლოგიური ასაკი. მეოტისი (?).

მასალა. თავის ქალას ფრაგმენტი და ზედა საძირე კბილები ყბის ნამტვრევში (პალეობიოლოგიის სექტორის კოლექცია, № 4).

დიაგნოზი. თავის ქალა მცირე ან საშუალო ზომისა. რქების გამონაზარდები სწორი, მოკლე, შესამჩნევად ბრტყელი შიგნითა მხრიდან, საკმაოდ დაშორებული ფუძისაკენ ერთი-მეორეს, ძლიერ გადაზნექილი უკან, წაგრძელებულ-ოვალური განივი კვეთისა.

აღწერა. თავის ქალა მცირე ან საშუალო ზომისა (მანძილი რქების გამონაზარდების გარეთა წერტილებს შორის 97 მმ-მდეა). შუბლის არე თანდათან, მკვეთრი საზღვრის გარეშე, გადადის თხემის არეში. შუბლის ზედაპირი უთუოდ ოდნავ ჩაზნექილია. თხემის ქედები კარგადაა განვითარებული. რქების გამონაზარდები განლაგებულია უშუალოდ თვალბუდეების უკან, საკმაოდ დაშორებულია ერთმანეთს, მოკლეა (წინა კიდის სიგრძე 110 მმ-მდეა), ძლიერ გადაზნექილია უკან (შუბლის დონეს არ სცილდება) და ქმნის ერთი-

მეორესთან დაახლოებით 40° -იან კუთხეს. გარდა ამისა, მათთვის დამახასიათებელია სრული სისწორე, გარეთა მხარის ამოზნექა და შიგნითა მხარის შებრტყელება, ქედების განუფითარებლობა. რქების გამონაზარდების განივი კვეთი პროქსიმალურ ბოლოში ოვალურია, შუა ნაწილში — დაგრძელებულ-ოვალური, დისტალურ ბოლოში — მსხლისებრი. რქის გამონაზარდის პროქსიმალური ნაწილის ზედაპირის წინა მხარეზე მოთავსებულია სუსტად გამოსახული, მაგრამ აშკარა ხორკლიანობა.

ზედა მოლარები (M^1-M^3) ბრაქიოდონტურია; აქვთ დამატებითი ბორცვები. გარეთა უბეებს აქვთ კარგად განვითარებული სტილები და სუსტად გამოსახული ქედები.

Phronetragus-ის ნაშთის მოკლე აღწერა გვიჩვენებს, რომ ეს ფორმა ზოგიერთი ნიშნის მიხედვით (თავის ქალას შუბლის არის ჩაზნექილობა, თხემის ქედების არსებობა, გვერდებზე შებრტყელებული რქების გამონაზარდების მდებარეობა, მათი წინა მხარის ზედაპირის პროქსიმალურ ნაწილში მოთავსებული ხორკლიანობა) უახლოვდება თხარქიანებს (*Tragocerus*-ს) და მათ მონათესავე ფორმებს, რომლებიც ი. სოკოლოვმა [2] გამოყო *Bovini*-ს ტრიბის *Tragocerina*-ს ქვეტრიბაში, მაგრამ აღწერილი ფორმის სხვა ნიშნები (უმთავრესად მოკლე, სრულიად სწორი, ძლიერ გადაზნექილი უკან, შიგნითა მხრით შებრტყელებული და გარედან ამოზნექილი რქების გამონაზარდების არსებობა) იმდენად თავისებურია, რომ მაიძულებს თავი შევიკავო მისი *Tragocerina*-ს ქვეტრიბისათვის მიკუთვნებისაგან.

რქების გამონაზარდების ზოგიერთი აღნიშნული თავისებურებით *Phronetragus* გვაგონებს სივალისკის *Helicopotax* [3], მაგრამ მასალის სიმცირე და ფრაგმენტულობა, სამწუხაროდ, არ გვაძლევს საშუალებას, რომ უფრო დაბეჯითებით ვიმსჯელოთ ამ გვარების ურთიერთდამოკიდებულების შესახებ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 პალეობიოლოგიის სექტორი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.7.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. К. Габунья. О новом местонахождении гиппарионовой фауны в Грузии. Сообщения АН Грузинской ССР, т. XIII, № 5, 1952.
2. И. И. Соколов. Опыт естественной классификации полорогих. Труды Зоол. ин-та, т. XIV, 1953.
3. L. E. Pilgrim. Sivalik antelopes and axen in the American museum natural history. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 72, 1937.



3. შენგელია

დაწნევის გამოყენება ხანმოკლე რიბულირების დროს

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. გედევანიშვილმა 15.10.1954)

ნაშრომში „მდინარეთა ვარდნის რაციონალურ ბიუჯეტად დაყოფის საკითხისათვის მათი კასკადური სქემით გამოყენების დროს“ [1] ჩვენ განვიხილეთ ჰიდროელსადგურების შეტბორვილ ბიუჯეტში არსებული დაწნევის დანაკარგები და მათი შემცირების საშუალებები მხოლოდ ხანგრძლივი რეგულირების შემთხვევებისათვის. ხანმოკლე რეგულირების დროსაც (სადღელამისო, ერთკვირეული, დეკადური), რომლებიც ხორციელდება წყალსაცავების ან აუზების საშუალებით, დაწნევის დანაკარგები, რომელსაც იწვევს მათი დონის ცვალებადობა, ხშირად საგრძნობ სიდიდეს აღწევს. როგორც საკითხის შესწავლა გვაჩვენებს, ამ დაწნევის ნაწილის გამოყენებაც ბევრ შემთხვევაში შესაძლებელია მარტივი ღონისძიებების გატარებით, რაც საშუალებას იძლევა მივიღოთ ნეცირე თვითღირებულების მქონე დამატებითი ენერგია.

სადღელამისო რეგულირების აუზების დონის ცვალებადობით გამოწვეული დაწნევის დანაკარგების გამოყენების კერძო შემთხვევები განხილული აქვს ზოგიერთ ავტორს ([2, 3, 4] და სხვ.), მაგრამ საკითხის ზოგადი გადაწყვეტა, ყველა იმ შემთხვევის განხილვით, რომელიც პრაქტიკაში გვხვდება, ტექნიკურ ლიტერატურაში არ მოიპოვება.

ქვემოთ მოგვყავს, ნეტად შემოკლებული სახით, ჩვენ მიერ ამ საკითხზე ჩატარებული გამოკვლევების შედეგები [2, 3, 5, 6].

განვიხილოთ ჰიდროელსადგურების სქემა, როდესაც სადღელამისო რეგულირების წყალსაცავი მოთავსებულია მდინარის კალაპოტში და წყალი სადაწნეო დერივაციით მიიყვანება ჰიდროელსადგურთან (სურ. 1).

რეგულირების დროს წყლის ხარჯის ცვლილებასთან ერთად ადგილი ექნება წყალსაცავის დონის ცვალებადობასაც. მაშასადამე, დაწნევის სიდიდე იქნება ორი სიდიდის ფუნქცია—წყლის ხარჯისა და წყალსაცავის დონისა.

ჰიდროელსადგურის სიმძლავრე, როდესაც რეგულირებას ადგილი არ აქვს, შეიძლება შემდეგი ფორმულით [7] იქნეს გამოსახული:

$$N_0 = kQ_{03} (H - \alpha_1 Q_{03}^2 - \alpha_2 Q_{03}^n), \quad (1)$$

რეგულირების არსებობის შემთხვევისათვის კი გვექნება

$$N_p = kQ_3 (H - h_c - \alpha_1 Q_3^2 - \alpha_2 Q_3^n), \quad (2)$$

აქ $k=9,8 \eta$, სადაც η აგრეგატის მარგქმედების კოეფიციენტია,

Q_0 —ჰიდროსადგურის მიერ გამოყენებული ზდინარის წყლის ბუნებრივი ხარჯი,

Q_{0j} — j -წყლის ხარჯი ქვედა ბიეფში, როდესაც რეგულირება არ ხდება,

α_1, α_2 და n —მუდმივი სიდიდეები,

Q_3 —ჰიდროელსადგურის წყლის ხარჯი რეგულირების დროს,

Q_{3j} —წყლის ხარჯი ქვედა ბიეფში რეგულირების დროს,

h_c —წყალსაცავის დონის დაწვეა.

ენერგია, რომელსაც ჰიდროელსადგური გამოიმუშავებს რეგულირების მთელი ციკლის განმავლობაში, იქნება

$$\partial_T = \int_0^T kQ_3(H - h_c - \alpha_1 Q_3^2 - \alpha_2 Q_{3j}^n) dT, \quad (3)$$

სადაც T რეგულირების მთლიანი ციკლისათვის საჭირო დროა.

სათანადო ენერგიის წლიური გამოიმუშავება იქნება (მხოლოდ რეგულირების პერიოდებისათვის)

$$\partial_E = \sum_{k=1}^m \partial_T, \quad (4)$$

სადაც m წელიწადში ჩატარებული რეგულირების ციკლთა რიცხვია.

ვინაიდან (3) განტოლებაში შემავალი ცვალებადი სიდიდეები ზოგად შემთხვევაში არ შეიძლება მოცემულ იქნეს ანალიტიკური სახით, ენერგიის წლიური გამოიმუშავების გამოსასახვად (3) განტოლება შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს სასრულო სხვაობებით

$$\partial_E = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n kQ_3(H - h_c - \alpha_1 Q_3^2 - \alpha_2 Q_{3j}^n) \Delta T. \quad (5)$$

აქ ΔT დროს მონაკვეთია, რომლის განმავლობაში ცვალებად სიდიდეთა k, Q და h_c მნიშვნელობა შეიძლება მიღებულ იქნეს მუდმივად.

ნახაზზე მოცემულია წყლის ხარჯის, დაწნევისა და სიმძლავრის ცვალებადობის სქემატური გრაფიკები (სურ. 3).

ბ) გრაფიკზე მოცემული სიმძლავრის ცვალებადობის

სურ. 1. 1—წყალამღები კაშხალი; 2—შემომღვლი დერივაცია; 3—წყალსაცავიანი კაშხალი; 4—სადაწნეო დერივაცია; 5—ჰიდროელსადგურის შენობა

ზედა $abcde$ ხაზი გამოსახავს სიმძლავრეს, რომელიც ჩვენ შეგვეძლო მიგველო, რომ ადგილი არ ჰქონოდა წყლის ხარჯისა და წყალსაცავის დონის ცვალებადობის გარეშე.

ბაღობით გამოწვეულ დაწნევის დანაკარგებს, ქვედა $a'b'c'd'e'$ კი—ფაქტობრივ სიმძლავრეს ამ დანაკარგების მხედველობაში მიღებით.

ამ ორ ნახაზს შორის ორდინატთა სხვაობა გამოხატავს სიმძლავრის იმ დანაკარგს, რომელიც რეგულირებით არის გამოწვეული და რომელიც უდრის

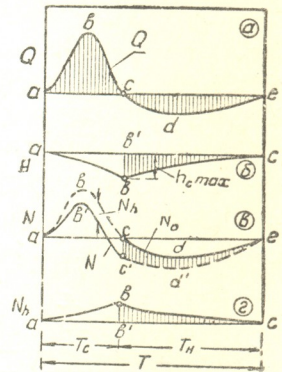
$$N_{გაგ} = N_0 - N_p \quad (6)$$

იმ ენერგიის ნაწილის გამოყენება, რომელიც რეგულირების შედეგად იკარგება, ჩვენს შემთხვევაში შეიძლება, თუ ჰიდროელსადგურის სქემაში შემდეგ ცვლილებებს შევიტანთ.

წყალსაცავის ბოლოში მდინარეზე აიგება დაბალი კაშხალი. წყალსაცავის გასწვრივ გაიყვანება შემომვლელი უდაწნეო დერივაცია, რომლის ბოლო წყალსაშვით შეუერთდება სადაწნეო დერივაციას (სურ. 1). წყალმიმღების ფარები ამ შემთხვევაში იანგარიშება ორ მხრივ დაწოლაზე.

თუ მდინარეზე ამ ჰიდროელსადგურს ზევით კიდევ არის სადგური, რომელიც წყალსაცავის ბოლოსთან მდებარეობს, წყალი შეიძლება უშუალოდ ამ სადგურის წყალგამყვანი არხიდან იქნეს შემომვლელ დერივაციაში მიღებული⁽¹⁾.

ჰიდროსადგურის მუშაობის რეჟიმი ყველა ამ შემთხვევაში შემდეგში მდგომარეობს. იქამდის, ვიდრე ჰიდროელსადგურის წყლის ხარჯები აღემატება მდინარის ხარჯებს, წყალი წყალსაცავიდან ჰიდროსადგურთან სადაწნეო დერივაციით მიიყვანება. როგორც კი ჰიდროსადგურის წყლის ხარჯი მდინარის ხარჯზე ნაკლები გახდება, წყალმიმღების ფარების დაკეტვით წყალსაცავი გამოითიშება და ჰიდროსადგური წყალს მიიღებს შემომვლელი დერივაციის საშუალებით. ზედმეტი წყალი, $Q_{გ} - Q_3$, ზედა კაშხალის მეშვეობით გაიშვება ისევ წყალსაცავში. ამ მომენტიდან, სანამ $Q_3 \equiv Q_{გ}$, ჰიდროსადგური სრული დაწნევით იმუშავებს. როდესაც ჰიდროსადგურის წყლის ხარჯი კვლავ მეტი გახდება, ვიდრე მდინარისა, წყალმიმღების ფარები ისევ გაიღება და ჰიდროსადგური დამატებით ხარჯებს მიიღებს წყალსაცავიდან. ჰიდროსადგურის ამ რეჟიმით მუშაობა ნაჩვენებია ნახაზზე (სურ. 2 გრ. b), სადაც მრუდებს $abcde$ და $a'b'c'd'e'$ შორის დაშტრიხული ფართობი შეესაბამება დამატებით გამოყენებულ ენერგიას. ამ ენერგიის გამოხატულება რეგულირების ერთი ციკლის განმავლობაში განხილული შემთხვევისათვის იქნება



სურ. 2

(¹ ამ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე ხერხები, რომლებიც აღწერილია ზემოხსენებულ შრომაში [1].

$$\Theta'_h = \int_{T_c}^T k Q_3 h_c dT, \tag{7}$$

სადაც T_c წყალსაცავის დაცლის პერიოდია.

ანალოგიურად სასრულო სხვაობებში გამოსახვისას გვექნება

$$\Theta'_h = \sum_{i=1}^n k Q_3 h_c \Delta T. \tag{8}$$

სათანადოდ დამატებითი ენერგიის წლიური გამომუშავებისათვის მივიღებთ

$$\Theta_{h \text{ B}} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n k Q_3 h_c \Delta T. \tag{9}$$

(8) და (9) გამოსახულებაში k , Q_3 , h_c და ΔT სიდიდეები იანგარიშება იმ პერიოდისათვის, როდესაც $Q_3 < Q_{\text{მპ}}$ და წყალსაცავი ივსება. აქ ივსების ხმება, რომ ამ პერიოდის განმავლობაში ადგილი აქვს წყალსაცავის ერთგზის ავსებას.

წყალსაცავის მრავალგზის დაცლა-ავსების შემთხვევაში (8) ფორმულაში შემავალი Θ'_h სიდიდე გამოთვლილი უნდა იქნეს როგორც ავსების ყველა პერიოდისათვის, ისე იმ პერიოდისათვის, როდესაც რეგულირების დროს წყალსაცავი გამოთიშულია და ჰესი წყლის ხარჯით მუშაობს.

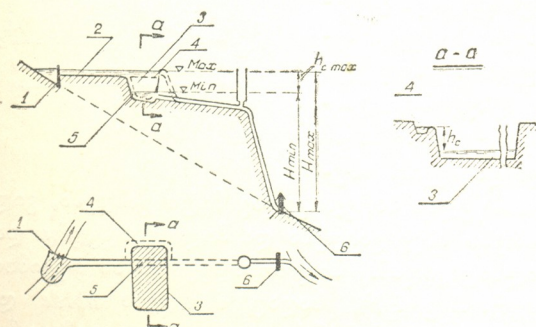
ენერგოეკონომიური ანგარიშები ამ შემთხვევაში იმაში მდგომარეობს, რომ გამოთვლილი უნდა იქნეს დამატებითი ენერგიის თვითღირებულება $S_{\text{პ.ე.მ}}$ და ის შედარებულ იქნეს დამატებითი შემცველი ენერგიის თვითღირებულებასთან $S_{\text{შ.ე.მ}}$; იმ შემთხვევაში, თუ

$$S_{\text{პ.ე.მ}} \leq S_{\text{შ.ე.მ}}, \tag{10}$$

დამატებითი ენერგიის გამოყენება მიზანშეწონილია.

უნდა აღინიშნოს, რომ დამატებით ენერგიის გამოყენების ზემოაღწერილი ხერხი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ხანგრძლივი რეგულირების დროსაც.

მოკლედ განვიხილოთ დაწვევის გამოყენების შემთხვევები ჰიდროელსადგურის სხვადასხვა სქემის დროს.



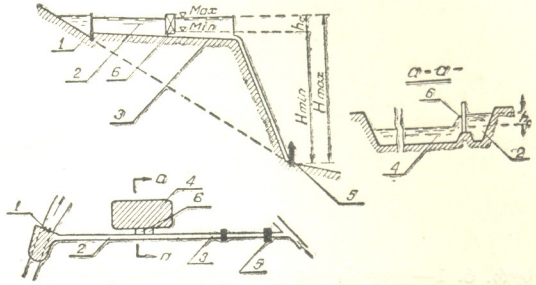
სურ. 3. 1—წყალამღები კაშხალი; 2—უდაწნეო დერივაცია; 3—სადღელამისო რეგულირების აუზი; 4—შემომავალი დერივაცია; 5—დიუქერი (ვარიანტი); 6—ჰიდროელსადგურის შენობა

როდესაც სადღელამისო რეგულირების აუზი დერივაციის გასწვრივ მდებარეობს და უკანასკნელი აუზამდე უდაწნეოა, ხოლო მის შემდეგ სადაწ-

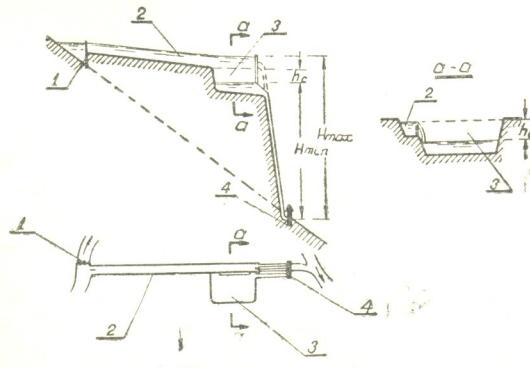
ნეო, დამატებითი დაწნევის გამოსაყენებლად საჭიროა შემომღველი დერივაციის გაყვანა (სურ. 3), ჰიდროსადგურის მუშაობის რეჟიმი ანალოგიურია ზემოთ აღწერილისა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც დერივაცია როგორც სარეგულაციო აუზამდე, ისე მის შემდეგ უდაწნეოა (სურ. 4), დამატებითი დაწნევის გამოყენებას მივადწევთ აუზსა და დერივაციას შორის მოთავსებული ფარების სათანადო მანიპულაციით.

როდესაც სარეგულაციო აუზი უშუალოდ სადაწნეო აუზთან მდებარეობს (სურ. 5), შესაძლებელია უფრო მიზანშეწონილი აღმოჩნდეს აუზიდან და დერივაციიდან ტურბინებისათვის წყლის დამოუკიდებლად მიწოდება. მაშინ შემცირებულ დაწნევაზე გამოიყენება წყლის მხოლოდ ის ხარჯები, რომლებიც სარეგულაციო აუზში გაივლის. დანარჩენი წყალი ტურბინებთან დერივაციის საშუალებით მიიყვანება, რომელშიც რეგულირების მთელი დროის განმავლობაში შენარჩუნებული იქნება მაღალი დონე. აღსანიშნავია, რომ ამ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება დაწნევის უფრო სრული გამოყენება, ვიდრე ზემოთ განხილულ შემთხვევებში.



სურ. 4. 1—წყალამღები კაშხალი; 2—ღია დერივაცია; 3—თვითმარეგულირებელი არხი; 4—სადღედამისო რეგულირების აუზი; 5—ჰიდროელსადგურის შენობა; 6—ფარები



სურ. 5. 1—წყალამღები კაშხალი; 2—ღია დერივაცია; 3—სადღედამისო რეგულირების აუზი; 4—ჰიდროელსადგურის შენობა

ხშირად ხანმოკლე რეგულირებისათვის სადერივაციო არხის მოცულობას გამოიყენებენ (სურ. 6). დამატებითი დაწნევის გამოსაყენებლად ამ შემთხვევაში საჭიროა საფეხურების გაშვან არხებში (უკანასკნელ საფეხურის გამოკლებით) წყლის სიღრმე მიღებულ იქნეს ტოლი

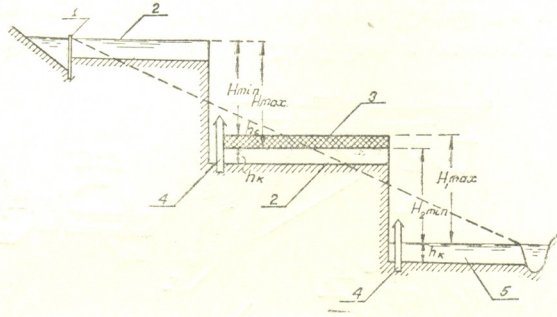
$$h_{აგბ} = h'_{აგბ} + h_c \quad (11)$$

ე. ი. ჩვეულებრივ სიღრმეზე h_c სიღრმით მეტი. აქ შესაძლებელი ხდება იმ დაწნევის სრული გამოყენება, რომელიც რეგულირების დროს იკარგება.

ჩვენ განვიხილეთ ზოგიერთი დამახასიათებელი სქემა ხანმოკლე რეგულირების აუზის მქონე ჰიდროელსადგურებისა. არსებობს ჰიდროსადგურის სხვა სქემებიც. ამ შემთხვევებშიც საკითხის გადაწყვეტას პრინციპულად შეიძ-

ლება ერთ-ერთი შემომოყვანილ ხერხის (ან რამდენიმე ხერხის ამა თუ იმ კომბინირებით) გამოყენებით მივალწვიოთ.

საყურადღებოა, რომ დამატებითი დაწნევის შემომოყვანილი წესით გამოყენება საშუალებას იძლევა საგრძნობლად შევამციროთ აუზის დაღეკვის ინტენსივობაც.



სურ. 6. 1—წყალამღები კაშხალი; 2—სადერივაციო არხი; 3—არხის სარეგულიაციო მოცულობა; 4—ჰიდროელსადგურის შენობა; 5—წყალწამყვანი არხი

დასასრულს აღვნიშნავთ, რომ ერთ-ერთი არსებული ჰიდროელსადგურისათვის, რომლის სქემა ძლიერ წაავაგვს სურ. 4-ზე მოყვანილ სქემას, ჩვენ მიერ ჩატარებულმა გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ უმნიშვნელო ღონისძიებებით შესაძლებელია მიღებულ იქნეს ყოველ-

წლიურად დამატებით 1,6 მილიონი კილოვატსაათი ენერგია. ამ ენერგიის თვითღირებულება 0,16 კპ/კვტს არ აღემატება. ამავე დროს აუზში შემოტანილი ნალექების რაოდენობა წელიწადში მცირდება დაახლოებით 40 ათასი კუბური მეტრით.

ამჟამად ეს ღონისძიება აღნიშნულ ჰიდროელსადგურებზე უკვე განხორციელებულია.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. დიდებულის სახელობის
ენერგეტიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 11.10.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. П. Г. Шенгелия. К вопросу о рациональной разбивке падения реки на бьефы при каскадной схеме использования. Сообщения АН ГССР, т. XII, № 10, 1951.
2. П. Г. Шенгелия. Увеличение эффективности РионГЭС изменением режима работы бассейна суточного регулирования и деривационного канала. Управление Грузэнерго, 1952.
3. Ф. Губин. Гидроэлектрические станции. М.—Л., 1949.
4. Технические условия и нормы проектирования гидротехнических сооружений, напорные бассейны деривационных ГЭС. Л.—М., 1953.
5. П. Г. Шенгелия. Использование напоров, теряемых при сработке водохранилищ и бассейнов суточного регулирования. Институт энергетики АН ГССР, Тбилиси, 1949.
6. П. Г. Шенгелия. Использование напоров гидроэлектростанций при переменном уровне водохранилищ и бассейнов суточного регулирования в каскадных схемах использования водотоков. Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского АН СССР, 1954.
7. П. Г. Шенгелия. Уравнения мощности и выработки гидроэлектростанций. Сообщения АН ГССР, т. XIV, № 7, 1953.

მეტალურგია

რ. აბლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი) და
 ა. ზონგლიაშვილი

ელექტროლიზით რკინის მიღების საკითხისათვის

ელექტროლიტური რკინა პრაქტიკულად პირველად XIX საუკუნის 60-იან წლებში გამოიყენეს პეტერბურგის სტამბაში სახელმწიფო ქაღალდების დამზადებისას. მ. კლეინის, რ. ლენცისა და მ. იაკობის მიერ დამუშავებული ხერხის მიხედვით სპილენძის კლიშეს რკინით ფარავდნენ ცვეთის შესაბამისად.

რუსი მეცლევარი ს. მაქსიმოვიჩი [1] წყალბადის იონთა კონცენტრაციის რეგულირებისათვის მიზანშეწონილად თვლიდა ელექტროლიტში NaHCO_3 -ის დამატებას.

ამჟამად ელექტროლიტურ რკინას უმთავრესად რკინის ქლორიდისა და სულფატის ხსნარებიდან გამოყოფენ. მრავალრიცხოვან გამოკვლევათა შორის, რომლებიც ამ საკითხისადრე მიძღვნილი, აღვნიშნავთ პ. ფედოტიევის შრომას [2].

მრავალ ქვეყანაში არა ერთგზის უცდიათ მოეწყოთ ელექტროლიტური რკინის სამრეწველო წარმოება [3,4].

ქლორიდიანი აბაზანები, რომლებმაც ფართო გამოყენება პოვეს არა მარტო მანქანათმშენებლობაში, გაცვეთილი დეტალების აღდგენისათვის [5], არამედ პოლიგრაფიაშიც [6], მომსახურების მხრივ რთულია და მძლავრ გენტილაციას მოითხოვს გამოყოფილი მავნე აირების მოსაცილებლად; ამიტომ პირობელები ელექტროლიტური რკინის მიღებისას, ჩვენი აზრით, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს რკინის სულფატის შემცველ ელექტროლიტს.

რკინის ელექტროგამოყოფის პროცესი ყოველმხრივ შესწავლას მოითხოვს, რადგან ჩვენს ქვეყანაში, სპეციალური ფოლადებისა და შენადნობთა, აგრეთვე ელექტროფიკაციის, ტელეფონისა და ტელეგრაფის მძაფრ განვითარებასთან დაკავშირებით, ყოველწლიურად იზრდება მოთხოვნილება მაღალი სისუფთავის რკინაზე.

ელექტროლიტური რკინისაგან დამზადებული მავთული, მაღალ მექანიკურ თვისებებთან ერთად, საკმაო ელექტროგამტარობით ხასიათდება. ელექტროლიტური რკინით შეიძლება ვისარგებლოთ ნაკეთობათა დამზადებისას ფხვნილების მეტალურგიის მეთოდით და დენის ქიმიური წყაროების წარმოებაში. ელექტროლიტური მეთოდი წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ რკინის ღრუ ნაკეთობათა და მილების დამზადებისას.

ც დ ე ბ ი უ ხ ს ნ ა დ ი ა ნ ო დ ე ბ ი თ

ვაწარმოებდით მინის ჭურჭელში FeSO_4 -ის შემცველი ხსნარების ელექტროლიზს. კათოდის მასალად ვიყენებდით უქანგავ ფოლადს, ღრუ ნაკეთობათა (მილების) მიღებისას კი სილუმინს, რომელსაც შემდეგ გამოვადნობდით. ანოდები მზადდებოდა ფურცლოვანი ტყვიისაგან (ცდები უხსნადი ანოდით) ან ფოლადისაგან (ხსნადი ანოდები).



რკინის სულფატის კონცენტრაციის გავლენა. ელექტროლიზის დროს, რკინის გამოყოფასთან ერთად, კათოდზე ადგილი აქვს წყალბადის იონების განმუხტვას, რასთანაც დაკავშირებულია კათოდთან მდებარე ფენის გატუტიანება. წყალბადის იონების კონცენტრაციის გაზრდა ააღვლავს წყალბადის გამოყოფას და ამცირებს დენის გამოსავალს რკინისათვის. pH-ის მომეტებული ზრდა იწვევს ჰიდროქსიდის გამოლექვას და რკინის გატუტიანებული ნალექების მიღებას. მაღალი სისუფთავის მკვრივი ლითონის წარმატებით გამოსაყოფად კათოდზე აუცილებელია ელექტროლიტში გარკვეულ ფარგლებში დაცულ იქნეს Fe^{2+} -ის კონცენტრაციის შეფარდება H^+ -ის კონცენტრაციასთან.

ცდებს ვატარებდით $25^{\circ}C$ -ზე. ელექტროლიტს ვიღებდით 270 მლ-ის რაოდენობით, საიდანაც 150 მლ კათოლიტი, ხოლო 120 მლ ანოლიტი შეადგენდა. დიაფრაგმად ვიყენებდით კერამიკულ ფოროვან ჭურჭელს. დენის ძალა უდრიდა 0,2 ამპერს, ელექტროლიზის ხანგრძლივობა—3 საათს. დანარჩენი მონაცემები მოყვანილია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

№№	ელექტროლიტის კონცენტრაცია ($FeSO_4$) გ/ლ	დენის სიმკვრივე კათოდზე ა/დმ ²	დენის სიმკვრივე ანოდზე ა/დმ ²	კათოდური ნალექის წონა გ	დენის გამოსავალი %	ძაბვა ვოლტებით
1	212	2	1,25	0,5502	88	4,25
2	180	2	1,25	0,5440	87	4,4
3	164	2	1,25	0,5504	88	4,6
4	144	2	1,25	0,5582	89	4,8
5	117,7	2	1,25	0,5470	87,5	5,1
6	94,2	2	1,25	0,5482	87,7	5,35

როგორც 1 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, $FeSO_4$ -ის კონცენტრაციის ცვლილება 94-იდან 212-მდე გ/ლ ფარგლებში არსებით გავლენას არ ახდენს დენის გამოსავალზე. იგივე შეიძლება ითქვას კათოდურ ნალექზე, რომელიც ამ სერიის ყველა ცდაში დაახლოებით ერთისა და იმავე ხარისხის მიიღებოდა. რკინის სულფატის კონცენტრაციის შემცირებით აბაზანის მომჭერებზე ძაბვა იზრდება. მარტოოდენ რკინის სულფატის შემცველი ელექტროლიტისაგან მიღებულ ნალექებზე შეინიშნებოდა ბზარები.

დენის სიმკვრივის გავლენა. ამ სერიის ცდებში (ცხრილი 2) ელექტროლიტი შეიცავდა 210 გ/ლ $FeSO_4$ -ს. ელექტროლიტის მოცულობა შეადგენდა 270 მლ-ს (150 მლ კათოლიტი და 120 მლ ანოლიტი), ელექტროლიტის ტემპერატურა— 25° , დენის ძალა—0,2 ამპერს. დენის სიმკვრივის გაზრდას ვალწევდით ელექტროდების ზედაპირის შემცირებით. ელექტროლიზის ხანგრძლივობა 4 საათს უდრიდა. დიაფრაგმად გამოყენებული იყო ფოროვანი კერამიკული ჭურჭელი.

როგორც მეორე ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, დენის სიმკვრივის გადიდება 2,4 ა/დმ²-მდე არსებით გავლენას არ ახდენს დენის გამოსავალზე. 2,9 ა/დმ²-ის დროს დენის გამოსავალისათვის მცირე (67%) მნიშვნელობა იმით აიხსნება, რომ მხედველობაში არ მიგვიღია წონა აბაზანის ფსკერზე დაცვნილი დენდრიტებისა, რომელთა ოდენობა ამ ცდაში საგრძნობი იყო.

ცხრილი 2

№№	დენის სიმკვრივე კათოდზე ა/დმ ²	დენის სიმკვრივე ანოდზე ა/დმ ²	კათოდური ნალექების წონა გ	დენის გამოსავალი %	ძაბვა ვოლტობით
1	0,476	0,32	0,6874	82	3,0
2	0,667	0,44	0,7086	85	3,1
3	0,976	0,65	0,7166	86	3,5
4	1,9	1,27	0,7086	85	4,3
5	2,4	1,58	0,7502	90	4,5
6	2,9	1,96	0,5668	67	4,7

ელექტროლიტური რკინის ნალექები გლუვი და უზხარებო მიიღებოდა 1,9 ა/დმ²-მდე დენის სიმკვრივის დროს. დენის სიმკვრივის შემდგომი გადიდებისას ნაპირებზე შეინიშნებოდა დენდრიტების წარმოქმნა, ხოლო ელექტროდის ზედაპირზე — ბზარებისა. შემჩნეულ იქნა, რომ რაც უფრო მეტია დენის სიმკვრივე, მით უფრო ბრწყინვალე კათოდური ნალექები მიიღება. 70°-ისა და 2 ა/დმ² დენის სიმკვრივის დროს მიღებული კათოდური ნალექი 99,95% Fe-ს შეიცავდა.

ტემპერატურის გავლენა. ტემპერატურის გავლენა შეისწავლეს 25—75°-ის ფარგლებში. 75°-ზე მეტი ტემპერატურის დროს შეინიშნებოდა რკინის კათოდური ნალექის გაჭუჭყიანება ტყვიით, რომელიც ანოდებიდან ელექტროლიტში გადადიოდა. ცდების ეს სერია (ცხრილი 3) ჩატარდა 210 გ/ლ FeSO₄-ის შემცველი ელექტროლიტით. ელექტროლიტის მოცულობა შეადგენდა 270 მლ-ს, დენის ძალა — 0,1 ამპერს, ელექტროლიზის ხანგრძლივობა — 5 საათს.

ცხრილი 3

№№	ელექტროლიტის ტემპერატურა °C	დენის სიმკვრივე კათოდზე ა/დმ ²	დენის სიმკვრივე ანოდზე ა/დმ ²	კათოდური ნალექის წონა გ	დენის გამოსავალი %	ძაბვა ვოლტებით
1	25	I	0,67	0,4482	86	3,5
2	35	I	0,67	0,4378	84	3,4
3	45	I	0,67	0,3948	76	3,37
4	55	I	0,67	0,3818	73	3,23
5	65	I	0,67	0,3218	62	3,16
6	75	I	0,67	0,3142	60,5	3,04

ტემპერატურის გაზრდით ჩვენს ცდებში დენის გამოსავალის შემცირება, რაც ეწინააღმდეგება ლიტერატურაში ცნობილ მონაცემებს [8], შეიძლება აიხსნას ტემპერატურის აწევისას რკინის ორვალენტოვანი იონების ჟანგვის სიჩქარის გადიდებით. ამას ადასტურებს ელექტროლიტის ფერის შესამჩნევი შეცვლა. ტემპერატურის აწევა აჩქარებს აგრეთვე რკინის გოგირდმჟავა მ-

რილების ჰიდროლიზის პროცესს და ამიტომ მალალ ტემპერატურაზე მუშაობისას აუცილებელია ელექტროლიტის უფრო ძლიერი შემყავება. ტემპერატურის აწევით მიიღება ნაკლებ მბრწყინავი კათოდური ნალექები.

70° ტემპერატურის დროს დენის სხვადასხვა სიმკვრივით (1-დან 5 ა/დმ²-მდე) სარგებლობისას ჩატარებული ცდებით დადგენილ იქნა, რომ, თუ ასეთი ტემპერატურის დროს ვისარგებლებთ 3,5 ა/დმ² დენის სიმკვრივით, შეიძლება მივიღოთ დამაკმაყოფილებელი ხარისხის კათოდური ნალექები, მაშინ როდესაც ოთახის ტემპერატურის პირობებში ასეთი ხარისხის ნალექები მიღებულ იქნა დენის სიმკვრივის გაცილებით უფრო მცირე მნიშვნელობის დროს (1,5-იდან 2 ა/დმ²-მდე).

დანამატთა გავლენა. რკინის ელექტროლიტური გამოლექვისას დანამატთა უმთავრეს დანიშნულებას ელექტროგამტარობისა და ელექტროლიტის ბუფერული უნარის გაუმჯობესება შეადგენს. ცდები ჩატარდა ხსნარებზე, რომლებიც, რკინის სულფატთან ერთად, დანამატების სახით შეი-

ცხრილი 4

№№	ელექტროლიტის კონცენტრაცია გ/ლ	დენის სიმკვრივე კათოდზე ა/დმ ²	დენის სიმკვრივე ანოდზე ა/დმ ²	კათოდურ ნალექების წონა გ	დენის გამო-სავალი %	ძაბვა ვოლტა-ბით
1 ⁽¹⁾	FeSO ₄ -210	2	1,33	0,4024	64	2,75
2	FeSO ₄ -210	2	1,33	0,5440	87	3,8
3	FeSO ₄ -210 (NH ₄) ₂ SO ₄ -60	2	1,33	0,5614	90,8	3,7
4	FeSO ₄ -210 (NH ₄) ₂ SO ₄ -80	2	1,33	0,5472	88,5	3,6
5	FeSO ₄ -210 (NH ₄) ₂ SO ₄ -100	2	1,33	0,5252	85	3,5
6	FeSO ₄ -210 Na ₂ SO ₄ -60	2	1,33	0,5814	94	3,4
7	FeSO ₄ -210 Na ₂ SO ₄ -80	2	1,33	0,5932	96	3,2
8	FeSO ₄ -210 Na ₂ SO ₄ -100	2	1,33	0,5810	94	3,16
9	FeSO ₄ -210 MgSO ₄ -60	2	1,33	0,5686	92	3,4
10	FeSO ₄ -210 MgSO ₄ -80	2	1,33	0,5602	90,6	3,36
11	FeSO ₄ -210 MgSO ₄ -100	2	1,33	0,5750	93,0	3,3

(1) ცდა № 1 ჩატარდა უდიაფრაგმოდ.

ცადენენ ნატრიუმის, მაგნიუმისა და ამონიუმის გოგირდმჟავა მარილებს (ცხრილი 4). ელექტროლიტის მოცულობა შეადგენდა 270 მლ-ს (170 მლ—კათოლიტი და 100 მლ—ანოლიტი). დიაფრაგმის როლს ასრულებდა ქსოვილი „ბელტინგი“. დენის ძალა უდრიდა 0,2 ამპერს. ელექტროლიზი ტარდებოდა 25⁰-ზე. ცდების ხანგრძლივობა 3 საათით განისაზღვრებოდა.

დენის გამოსავლის შემცირება უდიაფრაგმო აბაზანაში (ცდა 1) აიხსნება ელექტროლიტის ძლიერი შემჟავებით და ანოდზე წარმოქმნილი რკინის სამვალენტოვანი იონების ზემოქმედებით, რომლებიც დიაფრაგმის უქონლობისას თავისუფლად აღწევენ კათოდამდე.

არ შეიძლება არ აღინიშნოს აგრეთვე დანამატთა გამოყენებისას ძაბვის საგრძნობი შემცირება აბაზანაზე, დანამატთა გამოყენებისას აბაზანიდან მიღებული კათოდური ნალექები დამაკმაყოფილებელი ხარისხისა იყო. გოგირდმჟავა ნატრიუმს, როგორც უფრო იაფ დანამატს, უპირატესობა უნდა მიეცეს.

ცდები ხსნადი ანოდებით

უხსნადი ანოდების გამოყენებით ელექტროლიზის ჩატარებისას შემჩნეულ იქნა, რომ ელექტროლიტის ტემპერატურის აწევით რკინის კათოდური ნალექები უფრო კარგი ხარისხისა მიიღება და ძაბვა აბაზანაზე საგრძნობლად მცირდება. ამიტომ ცდები ხსნადი ანოდებით ჩატარდა თითქმის ადუღებამდე გაცხელებული ან მდუღარე ელექტროლიტით.

დანამატთა გავლენა. ჩვენ შევისწავლეთ დანამატ მარილთა ზემოქმედება რკინის კათოდური ნალექის ხასიათსა და დენის გამოსავალზე. დანამატ ნივთიერებათა კონცენტრაცია ყველა ცდაში ერთნაირი იყო—100 გ/ლ. ელექტროლიტის მოცულობა შეადგენდა 250 მლ-ს, დენის ძალა—2 ამპერს, დენის სიმკვრივე კათოდზე—5 ა/დმ² და ანოდზე—4,6 ა/დმ². ანოდური და კათოდური სივრცის გასაყოფად ვსარგებლობდით ქსოვილ „ბელტინგის“ ანოდური გარცმით. ელექტროლიზს ვატარებდით მდუღარე ელექტროლიტით. ელექტროლიზის ხანგრძლივობა 4 საათს უდრიდა. ელექტროლიზის დანარჩენი მონაცემები მოყვანილია მე-5 ცხრილში.

როგორც მე-5 ცხრილიდან ჩანს, გამოყენებული დანამატები უმნიშვნელო ზეგავლენას ახდენენ დენის კათოდურ გამოსავალზე, მაგრამ იწვევენ ძაბვის შემცირებას აბაზანაზე.

როგორც მოსალოდნელი იყო, ელექტროლიტზე გოგირდმჟავას დამატებისას დენის გამოსავალი შემცირდა. რკინის კათოდური დანალექი ყველა შემთხვევაში კეთილხარისხოვანი იყო, ბზარებისა და ღრმულების გარეშე. კათოდების ნაპირებზე ადგილი ჰქონდა დენდრიტების წარმოქმნას.

დენის სიმკვრივის გავლენა. ელექტროლიტად გამოყენებული იყო რკინის სულფატის წყალხსნარი, რომელიც შეიცავდა 210 გ/ლ FeSO₄-ს. ელექტროლიტის მოცულობა 250 მლ-ს შეადგენდა. კათოდური და ანოდური სივრცეები გაყოფილი იყო ქსოვილ „ბელტინგისაგან“ დამზადებული ანოდური გარცმით. დენის ძალა შეადგენდა 2 ამპერს, ელექტროლიზის ხანგრძლივობა—4 საათს, დანარჩენი მონაცემები მოყვანილია მე-6 ცხრილში.

რკინის კეთილხარისხოვანი კათოდური ნალექები მიღებულ იქნა 5—10 ა/დმ² დენის სიმკვრივის დროს; 10 ა/დმ²-ზე ზევით ნალექები იზარებოდა, ბო-

ცხრილი 5

№№	ელექტროლიტის შემადგენლობა გ/ლ	კათოდური ნალექის წონა გ	დენის გამოსავალი %	ძაბვა ვოლტობით
1	FeSO ₄ —210	7,8132	9,37	1,75
2	FeSO ₄ —210 Na ₂ SO ₄ —100	7,8978	94,7	1,45
3	FeSO ₄ —210 MgSO ₄ —100	7,6156	91,2	1,55
4	FeSO ₄ —210 (NH ₄) ₂ SO ₄ —100	7,9186	95,0	1,50
5	FeSO ₄ —210 H ₂ SO ₄ —5	7,1708	86,0	1,41

ცხრილი 6

№№	კათოდური ნალექის წონა გ	დენის გამოსავალი %-ბით	დენის სიმკვრივე კათოდზე ა/დმ ²	დენის სიმკვრივე ანოდზე ა/დმ ²	ძაბვა ვოლტობით
1	7,8452	94,2	5	4,6	1,22
2	7,9232	95	6,66	6,18	1,54
3	7,7588	93	10	8,6	1,00
4	7,3602	88	16,66	10,75	1,96
5	6,9348	83	20	12,27	2,25

ლოებზე დენდრიტები წარმოიქმნებოდა. დენის სიმკვრივის გადიდება იწვევდა კათოდური ნალექის სისალის ზრდას.

ანოდური დენის სიმკვრივის გავლენა. ელექტროლიტს განიცდიდა ხსნარი, რომელიც შეიცავდა 210 გ/ლ FeSO₄-ს. ელექტროლიტის მოცულობა შეადგენდა 250 მლ-ს. ელექტროლიტი მიმდინარეობდა დუდილის

ცხრილი 7

№№	კათოდური ნალექის წონა გ	დენის გამოსავალი %	ანოდის ზედაპირის ფართი სმ ²	დენის სიმკვრივე ანოდზე ა/დმ ²	ძაბვა ვოლტობით
1	9,4854	94,8	44	5,45	1,21
2	9,1806	91,8	33	7,27	1,30
3	9,2562	92,5	17	14,1	1,47
4	9,0332	90,3	11	21,8	1,87
5	9,0164	90,1	8,4	28,6	1,88

ტემპერატურაზე. დენის ძალა უდრიდა 2,4 ამპერს, დენის სიმკვრივე კათოდზე— $0,4$ ა/დმ², ელექტროლიზის ხანგრძლივობა—4 საათს. დიაფრაგმის მასალად გამოვიყენეთ ქსოვილი „ბელტინგი“. დანარჩენი მონაცემები მოყვანილია მე-7 ცხრილში.

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ანოდზე დენის სიმკვრივის გადიდება იწვევს ძაბვის ზრდას, მაგრამ არსებით გავლენას არ ახდენს კათოდურ დენის გამოსავლზე.

ელექტროლიზით რკინის ღრუ ნაკეთობათა მიღების საკითხისათვის

მეტად ხელსაყრელია ელექტროლიზის მეთოდის გამოყენება რკინის ღრუ ნაკეთობათა დასამზადებლად. ლიტერატურაში მოიპოვება მითითებანი უნაკერო მიღების მიღების ცდის შესახებ ფოლადის ღეროებზე რკინის კათოდური დალექვის მეთოდით. შემდგომ ღეროებს დანალექითურთ ახურებდნენ და ტკეცავდნენ ფუძისაგან მილის მოსაცილებლად [4]. ფოლადის კათოდისაგან მილის მოცილების გასაადვილებლად ღეროებს წინასწარ ფარავდნენ ტყვიის ფენით. მიზანშეწონილადაა მიჩნეული აგრეთვე რკინის დალექვა შემდგომ გამოსაღობ ტყვიის ფუძეზე [3] ან ტიპოგრაფიულ შენადნობებსა და თუთიის საფუძველზე დამზადებულ კათოდზე [9]. ალუმინის კათოდით სარგებლობისას რკინით დაფარვის შემდეგ ალუმინს ტუტით ამოჭამენ [8]. მაგრამ ყველა ჩამოთვლილი მეთოდი რთულია და დაკავშირებულია დეფიციტური ფერადი ლითონებისა და რეაქტივების დიდ ხარჯთან.

ჩვენ წარმატებით განვახორციელეთ სილუმინის ღეროებზე რკინის კათოდური დალექვის პროცესი და სილუმინის ფუძის შემდგომ გამოდნობით მივიღეთ ღრუ ნაკეთობანი. სილუმინს—ალუმინის შენადნობს სილიციუმთან კარგი სამსხმელო თვისებები აქვს და შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე დნება. მაღალ ტემპერატურაზე ელექტროლიტური რკინის ნაკეთობის ზედპირი, ეხება რა გამდნარ სილუმინს, განიცდის ალიტირებას და სილიცირებას, რის გამოც უკეთეს თვისებებს იძენს.

ჩატარდა ელექტროლიზი ხსნარისა, რომელიც შეიცავდა 210 გ/ლ FeSO_4 -ს. ელექტროლიტის მოცულობა 700 მლ-ს შეადგენდა. დიაფრაგმად გამოყენებული იყო კერამიკული ფოროვანი ჭიქა. კათოდის მასალას შეადგენდა სილუმინის ღერო ($\phi = 15$ მმ), ხოლო ანოდისას—ფოლადი 15. ელექტროლიზი მიმდინარეობდა ელექტროლიტის დუღილის ტემპერატურაზე. დენის ძალა უდრიდა 0,97 ამპერს. დენის სიმკვრივე კათოდზე— $3,88$ ა/დმ², დენის სიმკვრივე ანოდზე— $1,21$ ა/დმ², ელექტროლიზის ხანგრძლივობა—16,5 საათს. ელექტროლიზის შედეგად კათოდზე გამოიყო 15 გრამამდე ლითონი (დენის გამოსავალი—93%). ძაბვა აბაზანაზე უდრიდა 0,9—1 ვოლტს. ელექტროენერჯის ხარჯი 1 კვ კათოდური ნალექის მისაღებად დაახლოებით 2 კვტ-ს შეადგენდა. რკინის ელექტროლიტური ნალექი გლუვი იყო, ღრმულებისა და დენდრიტების გარეშე.

თუჯისაგან დამზადებული ხსნადი ანოდებით სარგებლობისას, ანოლიტის ცირკულაციისა და ფილტრაციის გამოყენებით, შესაძლებელია თანანაწარმის სახით მივიღოთ გრაფიტი, რომელიც თუჯის გახსნის დროს თავისუფლდება.

დასკვნები

ჩატარდა ცდები რკინის გამოსაყოფად ხსნადი და უხსნადი ანოდებით ორვალენტოვანი რკინის სულფატის ხსნარებიდან.

შესწავილ იქნა დენის სიმკვრივის, ტემპერატურის, რკინის სულფატის კონცენტრაციისა და დანამატთა—ამონიუმის, მაგნიუმისა და ნატრიუმის სულფატების—გავლენა.

დადგენილი იქნა რკინის კათოდური გამოყოფის შესაძლებლობა დენის მაღალი გამოსავლით, განსაკუთრებით $90-100^{\circ}$ ტემპერატურის დროს.

ელექტროენერჯის ხარჯი ხსნადი ანოდებით სარგებლობისას შეადგენს დაახლოებით 2 კვტს/კგ კათოდურად გამოყოფილ რკინაზე.

ელექტროლიზის წესით დამზადდა რკინის ღრუ ნაკეთობანი. ამ შემთხვევაში სილუმინისაგან დამზადებული საფუძე კათოდი, რომელზედაც ვახდენდით რკინის ელექტროდალექვას, გამოიდნობოდა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.12.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. S. O. Maximowitsch. Ein neues Verfahren zur Herstellung des Electrolyteisens. Z. f. Electrochemie, v. 11, 1905 pp. 52—53.
2. П. П. Федотьев. Электролитическое получение железа с применением нерастворимых анодов. Сборник исследовательских работ, ОНТИ, Ленинград, 1936.
3. В. Энгельгардт. Электрометаллургия водных растворов. ОНТИ, 1937, стр. 189—207.
4. H. E. Cleaves, J. G. Thompson. The metall iron. Alloys of iron monographs. New York and London, 1935.
5. М. П. Мелков. Восстановление деталей автомобилей электролитическим осталиванием. Москва, 1954.
6. С. А. Платач. Железные гальваностереотипы. Полиграфическое производство, № 4, 1940, стр. 32—34.
7. Ю. В. Баймаков. Электролиз в металлургии, т. I. Металлургиздат, 1937, стр. 283.
8. А. М. Гринберг. Гальванопластическое изготовление полых точных деталей. Госиздат судостроительной литературы, 1951.



მეტალურგია

ფ. თაბაძე, კ. ლოლიაშვილი და მ. ნაბიჭვირიშვილი

თერმული დამუშავების გავლენა მანბანუმ-ნახშირბადიანი
შენადნობების მდგრადობაზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. გედევანიშვილმა 5. 10. 1954)

მანგანუმ-ნახშირბადიანი სისტემის შენადნობების შესწავლამ [1,2] დაგვანახვა, რომ 4⁰/ო-ზე მეტი ნახშირბადის შემცველი სხმული ნიმუშები არამდგრადებია, სინესტის გავლენით იშლება და მათი დაშლის ძირითად მიზეზს მანგანუმის კარბიდი წარმოადგენს.

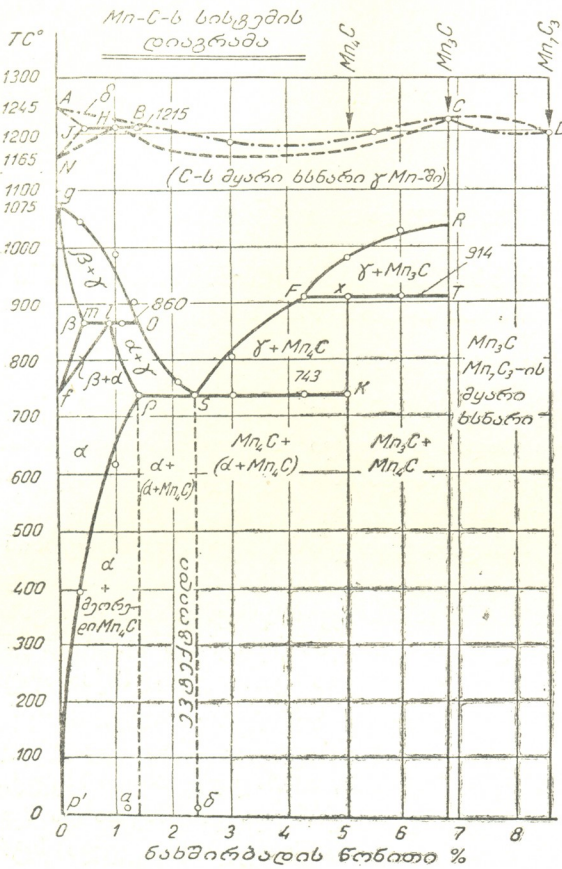
მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების დნობისა და მდგომარეობის დიაგრამა ფაზათა გარდაქმნებით ხასიათდება [1]. სხვადასხვა ნახშირბადიანი შენადნობები (C—6,78⁰/ო-მდე) γ osFR ხაზის ზევით გახურებისას ერთფაზიანი γ Mn-ის მყარი ხსნარის მდგომარეობაში გადადის (დიაგრამა 1).

ასეთი შენადნობების წრთობით მანგანუმის კარბიდები მაქსიმალურად იხსნება, მოწვით კი ხდება მათი მაქსიმალური გამოყოფა. ვიღებდით რა მხედველობაში, რომ ფაზათა რაოდენობისა და შედგენილობის ცვალებადობა იწვევს შენადნობის თვისებათა ცვალებადობას, მიზნად დავისახეთ ჩაგვეტარებინა მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების თერმული დამუშავება და შეგვესწავლა არაწონასწორული (ნაწრთობი) და წონასწორული (მოწვეული) სტრუქტურების მდგრადობა. დნობები ტარდებოდა მაღალი სიხშირის ელექტროლუმენლში. დაბალნახშირბადიანი ნიმუშების გამოდნობა წარმოებდა მაგნეზიტის, ხოლო მაღალნახშირბადიანებისა კი გრაფიტის ტიგელში. თხიადი ლითონი იხსნებოდა ერთი ზომის (10×10×50 მმ) ლითონის ყალიბებში, ხოლო შემდეგ ცივდებოდა ექსიკატორში.

ესწავლობდით ნიმუშების მაკრო- და მიკროსტრუქტურას, ფაზათა სისალეებს და ვახდენდით დაკვირვებას მათი დაშლის პროცესზე. შედეგები თავმოყრილია ცხრილში 1.

მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების სისტემის დიაგრამის (1) მიხედვით თერმულ დამუშავებას ვახდენდით 1100°C. ნიმუშებს ვათავსებდით ფაიფურის მილებში, რომლებს ორივე მხარე დახურული იყო თიხისა და შამოტის ნარევით.

წრთობისათვის განკუთვნილ სინჯებს აღნიშნულ ტემპერატურაზე ვაყოვნებდით 5 საათის განმავლობაში (ვაწრთობდით ზეთში), ხოლო მოწვისათვის განკუთვნილ სინჯებს 24 საათის განმავლობაში, რის შემდეგ ვაციებდით ლუმელთან ერთად.



სურ. 1

საცდელი ნიმუშების ქიმიური ანალიზები და დაშლის პროცესზე დაკვირვების შედეგები მოცემულია პირველ ცხრილში.

მოწვეულ და ნაწრთობ ნიმუშებს ვსწავლობდით სხმული ნიმუშების ანალოგიურად (ცხრილი 1). ნიმუშთა მაკროსკოპულმა შესწავლამ გვიჩვენა, რომ შენადნობში ნახშირბადის ზრდასთან ერთად ადგილი აქვს ტრანსკრისტალური ზრდას. დიდი რაოდენობითაა მიკრო- და მაკროზარები.

თერმული დამუშავების გავლენა მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების სტრუქტურაზე სხვადასხვაა.

დაბალნახშირბადიანი შენადნობების (C—

ცხრილი 1

№№ რიგზე	სიწვის №№	ქიმიური შედეგნილობა		დაშლის დასაწყისი გამოდ. დღ.			№№ რიგ.	სიწვის № №	ქიმიური შედეგნილობა		დაშლის დასაწყისი გამოდნობიდან (დღეებით)		
		Mn %	C %	სხმული	მოწული	ნაწრთობი			Mn %	C %	სხმული	მოწული	ნაწრთობი
1	1	94,6	1,41	—	—	—	10	10	93,22	6,36	5	2	18
2	2	93,02	2,48	—	—	—	11	11	89,45	6,4	4	3	13
3	3	93,74	2,57	—	—	—	12	12	90,0	6,88	3	2	15
4	4	91,19	4,58	25	5	—	13	14	92,77	6,77	2	2	10
5	5	91,7	4,21	30	7	—							
6	6	92,77	5,28	23	2	27	14	15	90,0	7,16	2	2	15
7	7	94,30	5,67	10	2	44	15	16	89,0	7,2	2	2	14
8	8	91,24	6,01	7	2	10	16	17	88,94	7,27	3	2	15
9	9	93,22	6,22	5	2	18	17	18	89,19	7,84	2	2	10

1,41%) მიკროსტრუქტურები სხმულ (სურ. 2), მოწვეულ (სურ. 3) და ნაწრ-
 თობ (სურ. 4) მდგრადობაში ნათელ წარმოდგენას გვაძლევს იმ ფაზურ
 გარდაქმნებზე, რომელნიც მიმდინარეობდნენ თერმული დამუშავების დროს.



სურ. 2 $\times 400$



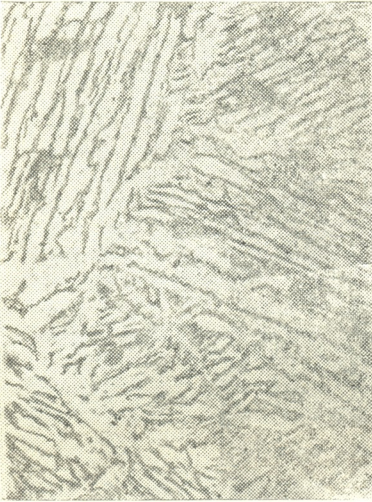
სურ. 3 $\times 400$

სხმულის არაწონასწორული სტრუქტურა მოწვის შედეგად α -მყარი ხსნარის პოლიედრებისა და მათ ირგვლივ გამოყოფილ მეორეულ კარბიდთა წონასწორულ სტრუქტურაში გადავიდა. წრთობის შემთხვევაში კი ერთგვაროვანი γ -მყარი ხსნარის მთლიანი ფიქსაცია არ მოხდა, ვინაიდან იგი ნაწილობრივ დაიშალა არაწონასწორულ დისპერსიულ სტრუქტურამდე. აღსანიშნავია, რომ ფაზათა მიკროსისალეები სხმულ და ნაწრთობ მდგრადობაში თითქმის ერთიმეორის ტოლია, 1010 H_M და 1080 H_M მოწვეულ მდგრადობაში კი α მანგანუმის სისალე დაბალია და 460 H_M არ აღემატება, რაც იმის დამამტკიცებელია, რომ სხმულ და ნაწრთობ მდგრადობაში სტრუქტურებს ერთი და იგივე არაწონასწორული მდგრადობა ახასიათებს, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ნაწრთობი ნიმუშის სტრუქტურა უფრო დისპერსიული და კვაზიოზოტროპულია, რაც ნიმუშის გახურების დროს ლიკვაციური ზონების გაერთვაროვნებას უნდა მიეწეროს. 2,57% ნახშირბადის შემცველი ნიმუშები სხმულ და ნაწრთობ მდგრადობაში ერთნაირი — ევტექტოიდური სტრუქტურით ხასიათდება. ნაწრთობი ნიმუშის სტრუქტურა შედარებით დისპერსიულია და შესამჩნევია



სურ. 4 $\times 400$

გაუხსნელი γ -მყარი ხსნარის პოლიედრების ზღუდეები. ნიმუშის მოწვის დროს მაღალ ტემპერატურაზე ხანგრძლივი დაყოვნებისას (24 საათი) ხდება ევტექტოიდის დაშლა მყარი ხსნარის კრისტალებად და მათ გარშემო დაკრისტალებულ კარბიდებად (სურ. 5).



სურ. 5



სურ. 6

× 400

ნაწრთობ ნიმუშებს, რომელნიც 4—5%-მდე ნახშირბადს შეიცავენ, კარბიდების უფრო დისპერსიული სტრუქტურა აქვთ, ვიდრე სხმულ მდგომარე-



სურ. 7

× 400



სურ. 8

× 400

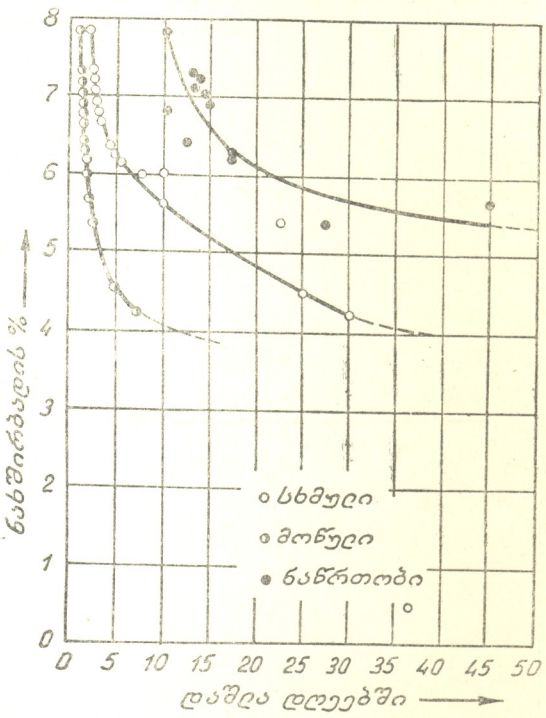
ობაში: მოწვეულებს კი კარბიდთა შედარებით მსხვილი კრისტალები ახასიათებს (სურ. 6, 7 და 8).

ანალოგიურად იცვლება იმ სინჯთა სტრუქტურებიც, რომელთა შედგენილობაში ნახშირბადი 6-8%-ია.

დაკვირვებას ვახდენდით სხმულ და თერმულად დამუშავებულ ნიმუშთა დაშლის პროცესზე. დაკვირვების შედეგები მოყვანილია პირველ ცხრილში, რომლის საფუძველზედაც აგებულია მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების დაშლის დიაგრამა თერმული დამუშავების სახეობის მიხედვით (სურ. 9).

დაკვირვების შედეგების განხილვა გვიჩვენებს, რომ სხმული ნიმუშების მოწვით შენადნობების მდგრადობა მცირდება, წრთობით კი მათი მდგრადობა საგრძნობლად იზრდება.

მდგრადობის ასეთი ცვალებადობა სინჯთა სტრუქტურების ცვლილებით აიხსნება.



სურ. 9

დასკვნები

1. სხმული ნიმუშების წრთობა ზრდის, მოწვა კი ამცირებს მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების მდგრადობას;
2. შენადნობში ნახშირბადის შეცულობის ზრდასთან ერთად თერმული დამუშავების გავლენა ნიმუშის მდგრადობაზე მცირდება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა) 5.11.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ფ. თავაძე და ქ. დოლიაშვილი. მანგანუმ-ნახშირბადიანი შენადნობების დაშლა. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XV, № 5, 1954.
2. ფ. თავაძე. მანგანუმ-ნახშირბადიან შენადნობთა სისტემის ბინარული დიაგრამა. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტის შრომები, ტ. I, 1947, გვ. 197.

მეცნიერებათა აკადემიის მიერ

ბ. გვირიშვილი

სისხლის ქლორიდების რაოდენობრივი ცვლილებები ცთომილი
 ნერვების გადაკვეთის შემდეგ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ერისთავმა 18.4.1954)

ორგანიზმის ნივთიერებათა ცვლის ფიზიოლოგიაში ქლორიდების წონასწორობას ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი უკავია.

ქლორიდების შესწავლას სისხლში, საჭმლის ნონნელებელი სისტემის წვენებში და შარდში როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. დღეისათვის უკვე დადგენილია, რომ ქლორიდების კონცენტრაციის ცვლილებები საგრძნობლად ცვლის სისხლის ფიზიკურ-ქიმიურ და ფიზიოლოგიურ თვისებებს, მოქმედებს სუნთქვის, საჭმლის ნონნელებელი, სისხლძარღვოვანი სისტემისა და სექსუალური სფეროს ძირითად ფუნქციებზე.

უკანასკნელი 50 წლის მანძილზე ზემოთ აღნიშნული საკითხების განხილვას მიეძღვნა მრავალი ექსპერიმენტული და კლინიკური ხასიათის ნაშრომი, რომლებმაც ნათელი მოჰფინეს ამ საინტერესო საკითხის შესწავლის საქმეს.

მიუხედავად მრავალრიცხოვანი შრომებისა, ცთომილი ნერვების გავლენა ქლორიდების ცვლაზე ლიტერატურაში სუსტადაა გაშუქებული.

1948—49 წელს ვსწავლობდით ცთომილი ნერვების გადაკვეთის შემდეგ თირკმლის ფუნქციას. ჩვენ მიერ აღნიშნული იყო, რომ ვაგოტომიის შემდეგ მკვეთრად მცირდება შარდში ქლორიდების კონცენტრაცია [6]. ასეთივე შედეგები აქვს მიღებული ე. ასრატინს [1], რომლის დასკვნითაც ვაგუსი წარმოადგენს თირკმლის ექსკრეციულ ნერვებს, რომელთა გადაკვეთა იწვევს დიურეზის შემცირებას და ქლორიდების კონცენტრაციის მკვეთრ დაკლებას.

1950—51 წელს, როდესაც ვსწავლობდით კუჭის წვენის შეკვობასა და ქლორიდებს შორის ურთიერთდამოკიდებულებას, გარკვეულ იქნა, რომ ვაგოტომიის შემდეგ, ქრება რა კუჭის წვენში თავისუფალი მარილწყავა, ქლორიდების კონცენტრაცია კუჭის წვენში თითქმის უცვლელი რჩება, ე. ი. ქლორიდების ჭარბი რაოდენობის არსებობისას კუჭის სეკრეციულ ჯირკვლებს არ აქვთ უნარი მოახდინონ თავისუფალი მარილწყავის სინთეზირება.

ვინაიდან ქლორიდების განსაზღვრა შარდსა და კუჭის წვენში ასეთ საინტერესო შედეგებს იძლეოდა, ჩვენ შევისწავლეთ სისხლში აღნიშნული კომპონენტის რაოდენობრივი ცვლილებები ცთომილი ნერვების გადაკვეთის შემდეგ.

საკითხის გასარკვევად ცდები ნაწარმოებია ცხრა ძალზე. უპირველეს ყოვლისა ვახდენდით ცხოველების წინასწარ შესწავლას: ვაკვირდებოდით მათ

ზოგად მდგომარეობას, მადას, ვაძლევედით საკვების განსაზღვრულ ულუფას, თვალყურს ვადევნებდით მათი კუჭის მოქმედებას.

საცდელი ცხოველების ნაწილს (ძალი № № 1,2) გაკეთებული ჰქონდა კუჭის ფისტულა ბასოვის წესით და, გარდა სისხლის ქლორიდებისა, ისწავლებოდა კუჭის სეკრეციული, ექსკრეციული, მოტორული და ევაკუაციური ფუნქცია, კუჭის წვენის ქლორიდები, საერთო და არაცილოვანი აზოტი, სისხლში ნარჩენი აზოტი, შარდის ზოგიერთი ბიოქიმიური მაჩვენებელი, მათ შორის ქლორიდებიც.

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილული იქნება მონაცემები სისხლში ქლორიდების წონასწორობის შესახებ როგორც ვაგოტომიამდე, ისე ვაგოტომიის შემდეგ.

ანალიზისათვის სისხლს ვიღებდით ყურის ვენიდან და ქლორიდებს ვსაზღვრავდით მორის მეთოდით.

ნორმალურ ცხოველებზე ჩატარებული ცდებით გამოირკვა, რომ ქლორიდების რაოდენობა სისხლში საშუალოდ 350—450 მგ %⁰-ის ფარგლებში მერყეობს. ასევე დადგენილ იქნა, რომ ოპერაციული ჩარევები (კუჭის ფისტულის დადება და გულმკერდის გახსნა) თითქმის არავითარ გავლენას არ ახდენს სისხლის ქლორიდების რაოდენობაზე. ასეთი კანონზომიერების დადგენის შემდეგ ცხოველებზე ვაწარმოვეთ ტრანსთორაკალური ორმხრივი ვაგოტომია.

ვაგოტომიის შემდეგ სისხლს ანალიზისათვის ვიღებდით ოპერაციის მე-2—3 დღიდან 5—15 დღის შუალედებით. დაკვირვება ნაწარმოებია რვა თვის განმავლობაში (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

სისხლის ქლორიდები ვაგოტომიამდე და მის შემდეგ

ქლორიდების რაოდ. ვაგოტომიამდე	ვაგოტომიის შემდეგ										
	მე-4 დღე	5 დღე	მე-12 დღე	მე-20 დღე	1 თვე	2 თვე	3 თვე	4 თვე	6 თვე	7 თვე	8 თვე
ძალი № 1 415 მგ % ⁰	744,66	723,384	617	425	336	397,6	411,336	397,52	439,7	353	397,62
ძალი № 2 390 მგ % ⁰	687,9	560,3	612,58	390,06	468	461,5	—	388,06	383	—	348,24

ცდებით გამოირკვა, რომ ვაგოტომიის პირველ ხანებში ვითარდება მკვეთრად გამოხატული ჰიპერქლორემია, რომელიც ერთი თვის მანძილზე თანდათან სწორდება და 1—2 თვის შემდეგ ნორმალურ მდგომარეობას უბრუნდება. აღნიშნული მოვლენა განუვითარდა ყველა ცხოველს, გარდა ერთისა (ძალი № 30), რომელსაც ვაგოტომიის შემდეგ პირისღებინება და ფალარათობა დაეწყო და სისხლში მკვეთრად გამოხატული ჰიპოქლორემია განუვითარდა.

ლიტერატურული მასალის ანალიზით და ჩვენი დაკვირვებების საფუძველზე შევეცდებით აეხსნათ ვაგოტომიის შემდეგ სისხლში ქლორიდების მატების მექანიზმი.

ლ. ამბარის მონაცემებით, ორგანიზმში ქლორიდების შეკავებას და ჰიპერქლორემიას, ორგანიზმის მუხავე-ტუტუტიანობის წონასწორობის აციდოზისაკენ გადახრა მოსდევს. თუ გავიხსენებთ ჩვენსაკენ მონაცემებს, ირკვევა, რომ ვაგოტომიის შემდეგ აღინიშნება მუხავე-ტუტუტიანობის წონასწორობის აციდოზისაკენ გადახრა [7]. ამრიგად, ჰიპერქლორემია და თანდართული აციდოზი, რომელიც ვაგოტომიის შემდეგ გვაქვს, ერთმანეთს აპირობებენ და, ამბარის გამოკვლევების თანახმად, ერთმანეთის გამომწვევი მიზეზებია.

საერთოდ, როდესაც საქმე გვაქვს ჰიპერქლორემიასთან, მთავარი ყურადღება უნდა მიექცეს ქლორიდების გამომყოფ ძირითად ორგანოებს—თირკმლებს. სხვადასხვა ფიზიოლოგიურ პირობებში (მარილიანი საკვები, მარილით დატვირთვა და სხ.). ნორმალურ თირკმლებს შეუძლია ქლორიდების კონცენტრაცია შარდში 100-დან 1200 მგრ $\frac{1}{6}$ -მდე გაზარდოს. ფოლგარტის, შტრაუსისა და ვიდალის მიერ თირკმლების ექსკრეციული ფუნქციის დაქვეითების შემთხვევებში აღწერილია ორგანიზმში ქლორიდების შეკავება და ჰიპერქლორემია. რაც შეეხება მძიმე ურემიული მდგომარეობის დროს არსებულ ჰიპოქლორემიას, იგი უნდა აიხსნას იმ ფაქტორებითა და პირობებით, რომელიც ამ დაავადებას ახასიათებს. აღნიშნულთან ერთად თუ გავიხსენებთ ჩვენს და ასევე ე. ასრატინის მონაცემებს, რომ ვაგოტომიის შემდეგ თირკმლის ექსკრეციული ფუნქცია და შარდში ქლორიდების რაოდენობა მკვეთრად მცირდება, ვაგოტომიის შემდეგ ჰიპერქლორემიის ერთ-ერთ მიზეზად თირკმლების ფუნქციის დაქვეითება უნდა ვაღიაროთ.

როგორც ლ. ლუკანცევირი აღნიშნავს, სისხლის ქლორიდების კონცენტრაციაზე უდიდესი მნიშვნელობა აქვს კუჭის სეკრეციული აპარატის მდგომარეობას. მაგ.: ანაციდური მდგომარეობის დროს სისხლში ქლორიდების ჭარბი რაოდენობაა [5]. ვ. ბერნშტეინი, რომელსაც შეუწავლია მუცლის ქირურგიული დაავადებების დროს ქლორიდები, აღნიშნავს, რომ ყველა ოპერაციულ ჩარევას ჰიპოქლორემია სდევს, გარდა კუჭის ტოტალური რეზექციისა და გასტრექტომიისა, როდესაც ჰიპერქლორემია აღინიშნება, რასაც იგი კუჭის გამოთიშვით ხსნის. ცნობილია, რომ ვაგოტომიას კუჭის წვენის მუშავების ძლიერი შემცირება და ზოგჯერ ანაციდური მდგომარეობაც კი მოსდევს, რაც შეიძლება ჰიპერქლორემიის ერთ-ერთი მიზეზი იყოს.

ამრიგად, ზემოთ აღწერილი მსჯელობის შემდეგ იმ დასკვნამდის მივდივართ, რომ ვაგოტომიის შემდეგ განვითარებული ჰიპერქლორემიის მიზეზი ორგანიზმიდან ქლორიდების გამოყოფის შეფერხებაა. აღნიშნულის სადემონსტრაციოდ ჩავატარეთ დამატებითი ექპერიმენტები.

საცდელ ცხოველებს (ძალლი № 1) ჩავუტარეთ მარილით დატვირთვა. დილით გასეირნების შემდეგ ძალლი აყვანილ იქნა საცდელ მაგიდაზე, აელო სისხლი, ხოლო შემდეგ უკანა კიდურის ვენაში გაუკეთდა 40 კბ. სმ 10% NaCl. სისხლი აღებული იყო ყოველი 15 წუთის ინტერვალებით 1 საათის განმავლობაში. შედეგები მოცემულია მეორე ცხრილში, რომლიდანაც ირკვევა, რომ ვენაში ჰიპერტონიული ხსნარის შეყვანა იწვევს ჰიპერქლორემიას, რომელიც 30—40 წუთის შემდეგ ნორმალურ მდგომარეობას უბრუნდება.



ასეთივე ცდა ამავე ცხოველებზე გამეორებულ იქნა ვაგოტომიიდან 10 დღის შემდეგ. შედეგები მოცემულია მეორე ცხრილში, საიდანაც ირკვევა, რომ ჰიპერტონიული ხსნარის შეყვანის შემდეგ სისხლში მატულობს რა ქლორიდების კონცენტრაცია, იგი ნორმალურ მდგომარეობას არ უბრუნდება თითქმის ორი საათის განმავლობაში, ე. ი. ვაგოტომიის შემდეგ ქლორიდების გამოყოფა ორგანიზმიდან შეფერხებულია.

ცხრილი 2

ქლორიდები სისხლში 30 კუბ. სმ 10% NaCl-ის ვენაში შეყვანის შემდეგ

ვაგოტომიამდე ქლორიდები 397,152 მგ %	% NaCl ვენაში	15 წ.	30 წ.	45 წ.	60 წ.	
		709,44 მგ %	524,882 მგ %	432,512 მგ %	418 მგ %	
ვაგოტომიის შემდეგ 10 დღე ქლორიდები 617 მგ %	30 კ. სმ 10.	967,36 მგ %	744,66 მგ %	723,36 მგ %	838,38 მგ %	ორი საათის შემდეგ 716,42 მგ %

როგორც რიგი ავტორები—გ. ბერნშტეინი [2], ლ. ლუკანცევიჩი [3] და სხვები—აღნიშნავენ, რომ ქლორიდების შეწოვა ძირითადად წვრილი ნაწლავების საშუალებით ხდება. ჩვენ დავინტერესდით, თუ როგორი ინტენსივობით ხდება ქლორიდების შეწოვა ვაგოტომიის შემდეგ, რის გასარკვევადაც კუჭის ფისტულიან ძალზე ასეთი ცდები ჩავატარეთ: ვაგოტომიამდე კუჭის ფისტულადან შევუყვანეთ ძალს 10% მარილხსნარი 150 კუბ. სმ რაოდენობით და შევისწავლეთ სისხლის ქლორიდები ყოველი საათის შუალედებით. ცდებით გამოირკვა, რომ კუჭში ასეთი ხსნარის შეყვანის 30—45 წუთის შემდეგ ქლორიდების რაოდენობა სისხლში მატულობს. ამავე ცხოველზე აღნიშნული ცდა გამეორდა ცთომილი ნერვების გადაკვეთიდან 8 დღის შემდეგ და გამოირკვა, რომ ვაგოტომიის შემდეგ კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მარილით დატვირთვა იწვევს სისხლში ქლორიდების მომატებას თითქმის ისეთივე ინტენსივობით, როგორც ვაგოტომიამდე (ცხრილი 3).

ცხრილი 3

ქლორიდები სისხლში, კუჭის ფისტულიდან 10 % 150,0 NaCl შეყვანის შემდეგ

ვაგოტომიამდე ქლორიდები 390 მგ %	5%—150,0 NaCl-ის კუჭიდან შეყვანის შემდეგ	30 წუთი	45 წუთი	1 საათი	1,5 საათი
		560,268 მგ %	679,732 მგ %	687,924 მგ %	524 მგ %
ვაგოტომიის შემდეგ მე-8 დღე ქლორიდები 617 მგ %		632,66 მგ %	632,66 მგ %	709,2 მგ %	832,92 მგ %

ჩატარებული ცდებით ირკვევა, რომ ვაგოტომიის შემდეგ საკმლის მომწიფებელი სისტემიდან ქლორიდების შეწოვა იმგვარადვე წარმოებს, როგორც ვაგოტომიამდე, ხოლო ქლორიდების მოხმარება (კუჭის წვენის სინთეზისათვის) და მისი გამოყოფა (თირკმლების საშუალებით) შეფერხებულია, რაც აპირობებს ვაგოტომიის შემდეგ სისხლში ქლორიდების მატებას.

წარმოდგენილი მასალისა და ჩატარებული ცდების საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. ცთომილი ნერვების გადაკვეთის შემდეგ ორგანიზმში ვითარდება სუსტად გამოხატული ჰიპერქლორემია, რომელიც დაახლოებით 20 — 30 დღის განმავლობაში ნორმას უბრუნდება;

2. ვაგოტომიის შემდეგ განვითარებული სუსტად გამოხატული ჰიპერქლორემია კუჭისა და თირკმლების ფუნქციის დაქვეითების შედეგია.

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

(რედაქციის მოუვიდა 18.4.1954)

დამიწმობილი ლიტერატურა

1. Э. А. Асратян. О влиянии блуждающего нерва на функцию почек. Бюллетень эксп-пер. биол. и медицины, т. IX, в. 4, 1940.
2. В. С. Бернштейн. О профилактике и лечении гипохлоремии. Вестник хирургии, т. 79, кн. 1, 1950.
3. С. Я. Капланский. Кислотно-щелочное равновесие. Медгиз, 1940.
4. Н. И. Кравчинский. Физиология почек. Медгиз, 1949.
5. Л. С. Луканцев. Хлорный обмен и секреция пищеварительных желез. Киев, 1939.
6. А. З. Гзиршвили, Г. А. Гзиршвили. Функция почек после двусторонней ваготомии (на груз. языке). Труды Ин-та эксп. и клин. хир. и гематологии АН Груз. ССР, т. III, 1951.
7. А. В. Антелава и Г. А. Гзиршвили. Некоторые биохимические показатели в моче до и после ваготомии (на груз. языке). Труды Ин-та эксп. и клин. хирургии и гематологии АН ГССР, т. IV, 1953.



ხელოვნების ისტორია

ლ. შერვაშიძე

„ვეფხისტყაოსნის“ 1646 წლის ხელნაწერის მინიატურების ავტორობის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. ჩუბინაშვილმა 14.7.1954)

აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ხელნაწერთა განყოფილებაში დაცულია № H 599 დასურათებული ხელნაწერი—შოთა რუსთაველის პოემა „ვეფხისტყაოსანი“, რომელიც წარმოადგენს აღნიშნული პოემის უძველეს ნუსხას დღეისთვის ცნობილ ნუსხათა შორის.

ხელნაწერი გადაწერილია ქალაღზე. იგი შეიცავს 267 ფურცელს. გარდა ძირითადი ფურცლებისა, რომლებიც ტექსტის რვეულებში შედის, კიდევ ჩაწებებულია 39 ცალკე ფურცელი მინიატურებით მთელ გვერდზე. ფურცლების ზომა 27×19 სმ უდრის. ტექსტი შესრულებულია მხედრულით, დამუშავებული, კალიგრაფიული ხელით, შავი მელნით, სათაურები და ტაეების დასაწყისები კი სინგურითაა დაწერილი.

როგორც გვიჩვენებს ხელნაწერში არსებული ჩანაწერები, რომლებიც მოყვანილია ს.ა. ს.ხ. მუზეუმის ხელნაწერების აღწერილობაში ([1], გვ. 52), პოემის ტექსტი გადაწერილია 1646 წელს მამუკა შიღინის მიერ, ტყეობაში ყოფნის დროს¹.

1634 წელს მამუკა ტყვედ ჩაუვარდა ლევან II-ს. ლევანის კარზე ტყეობაში ყოფნისას მამუკას მისი ბრძანებით რამდენიმე წიგნი გადაუწერია, მათ შორის განსახილველი ხელნაწერი H 599 (იხ. ცნობები მამუკა თავაქალაშვილის შესახებ ([2], გვ. 243 და სხვა).

ლიტერატურაში ხშირად გვხვდება მოსაზრება, რომ მამუკა თავაქალაშვილი იყო არა მხოლოდ გადაწერი პოემისა, არამედ მხატვარიც და მის მიერ შესრულებულია H 599 ხელნაწერის მინიატურები ([3], გვ. 285; [4], გვ. 136, 151; [5], გვ. 191—192; [6], გვ. 263; [7], გვ. 4). ზოგიერთ სხვა ნაშრომში ეს ვარაუდი მიღებულია დადგენილ ფაქტად ([8], გვ. CXLII და ტაბ. II—XIII).

მაგრამ მასალების შესწავლა არამცთუ არ ადასტურებს ამ აზრს, არამედ გარკვეულად უარყოფს მას.

არავითარ ეჭვს არ იწვევს ის, რომ, თუ მინიატურები შესრულებული იქნებოდა ტექსტის გამწერის მამუკას ხელით, ამ შემთხვევაში მინიატურე-

¹ მამუკა შიღინა—თავაქალაშვილი (იგივე თავაქალაშვილი) ცნობილია როგორც პოეტი და მთარგმნელი. მის კალამს ეკუთვნის „შაჰნამეს“ ნაწილის თარგმანი ლექსად. მას შთამომავლობით ჰქონდა მეფის შიღინის წოდება იმერეთის სამეფო კარზე.

ბისადმი დართული და მათ ქვემოთ მოთავსებული განმარტებითი წარწერებიც და მით უფრო თვით მინიატურებში შემავალი ტექსტის სტრიქონები (მაგალითად, გრაგნილზე, რომელიც მწერალს უჭირავს, ფ. 1 v) დაწერილი იქნებოდა მისივე ხელით.

ნაწერთა ხელის შედარება—1) პოემის ტექსტისა, რომელიც შესრულებულია მამუკა თავაქალაშვილის ხელით (იხ. სურ. 1, ტაბულის I სვეტი), 2) მინიატურებში შემავალი ტექსტისა, რომელიც უდავოდ ამ მინიატურების შემსრულებელი მხატვრის ხელითაა შესრულებული (ტაბულის II სვეტი) და ბოლოს, 3) მინიატურების ქვემოთ მოთავსებული განმარტებითი წარწერების ტექსტისა (ტაბულის III სვეტი) შემდეგ სურათს გვაძლევს: ტექსტები თვით მინიატურებში და მინიატურების ქვემოთ მოთავსებული განმარტებითი წარწერები შესრულებულია ერთი ხელით, ე. ი. მინიატურების მხატვრის ხელით. ამასთანავე ამ ტექსტების ხელი, რომელსაც ზოგიერთი საერთო ნიშანი აქვს პოემის ტექსტის ხელთან, რაც მათს თანადროულობას მოწმობს, არსებითად განსხვავდება მისგან ცალკე ასოების მონახაზის, მათი დახრის, მათი ურთიერთშორის დაკავშირების მანერის მხრივ და საგრძნობლად ჩამორჩება მას კალიგრაფიის მხრივ.

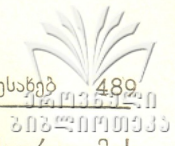
ამით საგსებით გამოირიცხულია შესაძლებლობა ვარაუდისა, თითქოს ტექსტები მინიატურების ქვემოთ და მინიატურებში იმავე ხელით იყოს შესრულებული, რომლითაც შესრულებულია პოემის ტექსტი, ე. ი. მამუკა თავაქალაშვილის ხელით.

იმის სასარგებლოდ, რომ მამუკა მხოლოდ პოემის გადამწერი იყო და არა მისი ილუსტრატორი, ლაპარაკობს აგრეთვე შემდეგი ვარაუდობა: მინაწერში, ფურცელზე 210r, წერია: „ღმერთო, შეიწყალე ამის მწერალი მამუკა მდივანი“. აქ მამუკა თავის შესახებ ლაპარაკობს მხოლოდ როგორც გადამწერზე და არა როგორც მინიატურების მხატვარზე.

ფურცელზე 267 v მოყვანილია გადამწერის ჩანაწერი (იხ. [1], გვ. 52), რომელშიც დაწვრილებით არის აღნიშნული გადამწერის დაწყებისა და დამთავრების დრო, მუშაობის პირობები („ტყვეობაშიდ ვსწერდი“), ჩამოთვლილია რვეულების და მათში, შეფარდებით, ფურცლების რაოდენობა (8 ფურცელი რვეულში), მაგრამ სრულიად არ არის ნახსენები მინიატურები, რომლებიც ცალკე ფურცლებზეა შესრულებული და დამატებითაა ჩაკრული ხელნაწერის რვეულებში, ტექსტის შესაფერის ადგილებში.

ერთ მინიატურაზე (გვ. 252r) გამოსახულია მაგიდასთან მჯდომი კაცი, რომელიც წერს ქაღალდის ფურცელზე. ამ მინიატურის ქვემოთ მოთავსებულია განმარტებითი წარწერა: „აქა ამისი მწერალი მდივანი მ[ა]ქ[ა]ქა სწ[ერ]ს და ვინც ეს...“ შემდეგ წარწერა ჩამოჭრილია. როგორც ეს წარწერა მიუთითებს, მინიატურაზე გამოსახულია თვითონ მამუკა. ამასთანავე ამ წარწერაშიც მას კვლავ მხოლოდ მწერალი ეწოდება და არა მხატვარი.

მამუკას რომ ტექსტის გადამწერის გარდა მართლაც შეესრულებია მინიატურებიც, ეს უდაოდ ასახული იქნებოდა ერთ-ერთ ტექსტში მაინც, რომელშიც მამუკა მოხსენებულია მწერლად.



რომ მამუკა საერთოდ არ იყო მხატვარი, დასტურდება მეორე, მის მიერ 1647 წელს გადაწერილი „ზააქიანის“ ხელნაწერთ (S1594 საქ. სახ. მუხ.), რომელიც „შაჰ-ნამეს“ ნაწილის პროზაულ თარგმანს წარმოადგენს. ამ ხელნაწერის ბოლო გვერდზე, ისევე როგორც H 599 ხელნაწერში, არის მამუკას მინაწერი, შესრულებული ტექსტისავე ხელით (ჩართულია ტექსტის ბოლო ნაწილში):

I	II	III	IV	I	II	III	IV
ს საძი	ს საძი	ს ს	შა	ს	სო	ს ძი	ფ რ
ღ უჭ	ჭ	ჭ	ჭ	ს	ს	ს	ახს ის
ტ ტ	ტ	ტ ტ ტ	-	ტ ტ	-	ტ ტ	-
ჭ ღ	ღ	ღ ღ ღ	ღო	უ	უ	უ უ	ტ უ
ქ/ქი/ქი	ე ეეე	ე ე ე	ქ	ფ	ფ	ფ ფ	ფ
ჭ/ჭი/ჭი	ე ეეე	ე ე ე	ქ	ქ	ქ	ქ ქ	ქ ქ
ჭ/ჭი/ჭი	ე ეეე	ე ე ე	ქ	ქ	ქ	ქ ქ	ქ ქ
-	-	-	-	ო	ო	ო	-
თ თა	თ	თ თა	თა	ქ უ	-	ქ უ ე	ქ
ი ი	ი	ი	ია	ნ	ნ	ნ	-
უ	-	უ	-	ს	ს	ს	-
ვ ვა	-	ვა	-	ქ	ქ	ქ	ქ
ე	ეე	ე	-	ქ	ქ	ქ	ქ
ნ	ნნ	ნ	ნა	ქ	ქ	ქ	ქ
-	-	-	-	ქ	ქ	ქ	-
ქ	ქ	ქ	ქ	-	-	-	-
კ	კ	-	-	ქ	-	ქ	ქ
-	-	-	-	ქ	-	-	-
2	2	-	-	2	2	-	-

სურ. 1

„აქა გათავდა ეს წიგნი ბრძანებითა ხელმწიფის დადიანის ბატონის ლევანისათა და ხელითა მამუკა თავაქალაშვილისათა...“

შემდეგ არის ტექსტის ფრაზის დაბოლოება, რის შემდეგ, ისევე შავი მელნით, სტრიქონის შეუწყვეტლად წერია: „დაიწერა ქორონიკონსა სამას ოცდა“

თხუთმეტსა, თვესა ივლისა ოცდა შვიდსა გათავდა“ (მინაწერი მოყვანილია [2], გვ. 243). ამ მინაწერშიც მამუკა არც ერთ სიტყვას არ ამბობს თავის თავზე როგორც მხატვარზე, თუმცა ამ ხელნაწერშიც ბევრი მინიატურაა.

S 1594 ხელნაწერის ყველა მინიატურა, გარდა ორისა, რომლებიც ტექსტის შემდეგაა ჩაწებებული (მათ შესახებ ქვემოთ), თუმცა სტილისტიკურად უახლოვდება ერთმანეთს, მაგრამ ამავე დროს მათი შესრულების განსხვავებული მანერა, შედარებით მაღალი თუ დაბალი ოსტატობა და კოლორიტი გვიკარნახებს, რომ ეს მინიატურები ერთი მხატვრის ხელს არ ეკუთვნის. მინიატურები შეიძლება მიეკუთვნოს ოთხ მხატვარს მაინც. S 1594 ხელნაწერის მინიატურების შემსრულებელი ყველა მხატვარი (გარდა, იქნებ, ერთი მხატვრისა, რომელსაც დასურათებული აქვს ხელნაწერის ბოლო ნაწილი) თავისი ოსტატობით H 599 ხელნაწერის მინიატურების ავტორზე გაცილებით დაბლა დგას.

H 599 ხელნაწერის მინიატურები მამუკას რომ ეკუთვნოდეს, მაშინ გაუგებარი იქნებოდა, თუ რად არის მის მიერვე გადაწერილი მეორე ხელნაწერი (S 1954) დასურათებული მამუკას მიერ კი არა, არამედ სხვა, ამასთანავე გაცილებით ნაკლები ოსტატობის მქონე, მხატვრების მიერ.

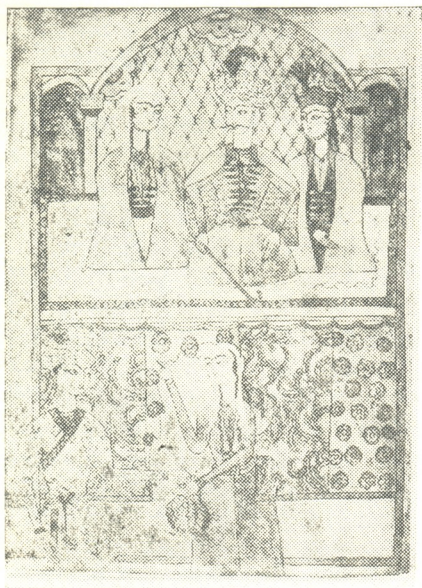
გარდა მინიატურებისა, რომლებიც მოთავსებულია ტექსტიან ფურცლებზე, S 1594 ხელნაწერის ბოლოში, ტექსტის შემდეგ მომდევნო უკანასკნელ ფურცლებზე, დართულია მთელ ფურცელზე მოთავსებული 2 მინიატურა (147r და 148r).

პროფ. ა. ბარამიძის წერილში ([9], გვ. 204) ნათქვამია, რომ „მისივე (ე. ი. მამუკას, ლ. შ.) მინაწერებით შემკულია ორი ილუსტრაცია“. საფიქრებელია, რომ იმისმა მტკიცებამ, რომ მინიატურების ქვემოთ მოთავსებული ეს განმარტებითი მინაწერები შესრულებულია მამუკას ხელით, საბაბი მისცა მკვლევართ თვით მინიატურები მიეწერათ მამუკასთვის, რასაც ვხედავთ ფირდოუსის გამოფენის კატალოგში ([10], გვ. 20, 62)⁽¹⁾. მაგრამ, მამუკას მიერ შესრულებული ხელნაწერის ტექსტის ხელის შედარება 147r და 148r ფურცლების მინიატურების მინაწერების ხელთან ცხადყოფს, რომ ეს მინაწერები მამუკას ხელს არ ეკუთვნის (შედარეთ ტაბულის I და IV სვეტები) და ამიტომ ამაზე დამყარებული მტკიცება, რომ ეს მინიატურები მამუკას ეკუთვნის, უკუიგდება. მინიატურები 147r და 148r ფურცლებზე სავსებით განსხვავდება S 1594 სხვა დანარჩენი მინიატურებისაგან. ამასთანავე, ისევე როგორც უკანასკნელთ, საერთო არაფერი აქვთ H 599 ხელნაწერის მინიატურებთან შესრულების მანერის, ფიგურების დაყენების, კოლორიტის (კერძოდ, სინგურის არის) მხრივ (შედარეთ სურ. 2 და 3). ცალკეული დეტალების დამუშავების მხრივ მინია-

(1) თუ დავუშვებთ, რომ მინიატურები S 1594 ხელნაწერის 147r, 148r ფურცლებზე შესრულებულია მამუკას მიერ, მაშინ სრულიად გამორიცხულია იმის შესაძლებლობა, რომ მას ეკუთვნოდეს H 599 ხელნაწერის მინიატურები, რომელნიც სავსებით განსხვავდებიან პირველთაგან როგორც სტილითა და ოსტატობის დონით, ისე ნახატითა და კოლორიტით.



ტურები 147r და 148r ფურცლებზე ყველაზე მეტად უახლოვდება XV ს. მინიატურებს H 1665 და განსაკუთრებით H 75 ხელნაწერებში (საქ. სახ. მუხ.).



სურ. 2. მინიატ. H 599-დან



სურ. 3. მინიატ. S 1594-დან ფ. 147 r.

ქალაღი, რომელზედაც შესრულებულია 147r და 148r ფურცლების მინიატურები, განსხვავდება ხელნაწერის ქალაღლისაგან ხარისხითაც, ფურცლის ფორმატითაც (22x16,6, ნაცვლად 30x20 სმ). ეს მინიატურებიანი ფურცლები ჩაწებებულია ხელნაწერის ფურცლებში ამოკრილ სწორკუთხედ „ფანჯრებში“. ყოველივე ეს იმაზე მიუთითებს, რომ 147r და 148r ფურცლების მინიატურები არამც თუ არ არის შესრულებული მამუკას მიერ, არამედ თავდაპირველად არც ეკუთვნოდა S 1594 ხელნაწერს. ისინი, როგორც ეს ხშირადაა ქართულ ხელნაწერებში (მაგ. H 1665, H 75), აღებულია უფრო აღრინდელი ხელნაწერიდან და ჩაწებებულია უფრო გვიანში.

S 1594 ხელნაწერის 147r და 148r მინიატურების სტილისტიკური სიახლოვე XV საუკუნის მინიატურებთან (H 1665 და H 75) ნათლად ადასტურებს პროფ. ა. ბარამიძის ([9], გვ. 207) შემდეგ დასკვნას:

„ფირდოუსის „შაჰ-ნამეს“ ახლად აღმოჩენილი პროზაული ვერსიის ფრაგმენტი უნდა უსწრებდეს „როსტომიანის“ გალექსვის პერიოდს და, მამასადაამე, XV საუკუნის პირველი ნახევრის გვიანდელ დროისად მიინც არ უნდა ჩაითვალოს“.

და ბოლოს, მამუკას ავტორობის უარყოფელია თვით ხელნაწერის H 599 მინიატურები.

საქართველოში გვიანფეოდალურ ხანაში, კერძოდ XVII საუკუნეში, ფეოდალთა წრისათვის დამახასიათებელია მიდრეკილება ყოფაცხოვრებაში ირანული კულტურისადმი, ირანული ფუფუნების საგნებისა და ხელოვნების ნაწარმოებებისადმი, ირანული გემოვნების გეზი ([11], გვ. 253). აქედან—შესამჩნევი გავლენა ირანული ხელოვნებისა ქართულ ხელოვნებაზე, კერძოდ, ტექსტის გაფორმებაზე და ხელნაწერების ილუსტრაციებზე.

მამუკა თავაქალაშვილი გამოსულია წარჩინებულ აზნაურთა გვარიდან, რომელშიც მეფის მდივნის საკარისკაცო წოდება მემკვიდრეობით გადადიოდა. როგორც იმერეთის მეფესთან უაღრესად დაახლოებული ერთ-ერთი კარისკაცი, რომელიც ტყვეობაშიც იმყოფებოდა სამეგრელოს მთავრის ლევან II-ის კარზე, ე. ი. საქართველოს ერთ-ერთი ძლიერი მთავრის კარზე, მამუკა, უდაოდ, ფეოდალური საზოგადოების უმაღლესი ფენის წარმომადგენელია, რომელიც მიიღტვოდა ირანული კულტურისაკენ და იზიარებდა ამ ფენის გემოვნებასა და იდეოლოგიას. ეს, რა თქმა უნდა, არ შეიძლება არ ასახულიყო H 599 ხელნაწერის მინიატურებში. თუკი მამუკა მათი ავტორი იქნებოდა, ისინი თავისი მხატვრული ხასიათით, დაუახლოვდებოდნენ ირანული მიდრეკილების მინიატურების წრეს, იმ ტიპისას, როგორიცაა საქ. სახ. მუხ. ვეფხისტყაოსნის (S 5006 [3]—ტაბ. 188), იოსებ ზილიხანიანის (S 1283 [3]—ტაბ. 187), ვისრამიანის (S 3702) ილუსტრაციები.

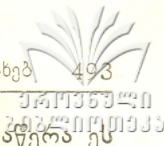
ამრიგად, ყოველივე ზემონათქვამი საკვებით ცხადყოფს, რომ მამუკა თავაქალაშვილი არ ყოფილა და არც შეიძლება ყოფილიყო H 599 ხელნაწერის მინიატურების ავტორი.

ამიტომ გასაგებია, რომ არც ერთ მკვლევარს, რომელიც თავდაპირველად მუშაობდა H 559 ხელნაწერზე—არც ე. თაყაიშვილს [13], არც დ. გორდეევს [14], არც კ. კეკელიძეს [3]—არც უგარაუდიათ, რომ ამ ხელნაწერის მინიატურები მამუკას მიერ ყოფილიყოს შესრულებული. ამგვარი მტკიცება მოკლებულია საფუძველს, მას უარყოფენ ფაქტებიც.

მამუკა თავაქალაშვილი—პოეტი, მთარგმნელი ირანულიდან, კალიგრაფი და კარისკაცი—არ არის H 599 ხელნაწერის მინიატურების ავტორი.

მაგრამ ამ შემთხვევაში ვინ უნდა ყოფილიყო ეს მხატვარი, რა სოციალურ ფენას ეკუთვნოდა იგი?

ამას ერთგვარ შუქს ფენს შემდეგი გარემოება: H 599 ხელნაწერის ერთ-ერთ მინიატურაზე (252r), როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გამოსახულია თვითონ პოემის გადამწერი მამუკა თავაქალაშვილი. გადამწერის გამოსახვა ჩვეულებრივი მოვლენა არ არის ქართულ ხელნაწერთა ილუსტრაციების რეპერტუარში. იმ შემთხვევაში, როდესაც მინიატურებში, გარდა ამ ნაწარმოებში მოქმედი პირებისა, გვხვდება კიდევ სხვა რაიმე გამოსახულებები, ეს ჩვეულებრივ არის ამ ნაწარმოების ავტორის პორტრეტი ან ხელნაწერის შემკვეთელის პორტრეტი, ზოგჯერ კი ორივესი ერთად. განხილულ H 599 ხელნაწერში პირველ მინიატურზე გამოსახული არიან პოემის ავტორი შოთა რუს-



თაველი და ლევან II დადიანი, რომლის ბრძანებითაც მამუკამ გადაწერა ეს ხელნაწერი⁽¹⁾.

მამუკა რომ იყოს არა მხოლოდ გადამწერი, არამედ მხატვარიც, მაშინ გასაგები იქნებოდა მისი სურვილი ერთ-ერთ მინიატურაზე (გვ. 252r) თავისი თავი გამოეხატა პოემის გადაწერის პროცესში.

მაგრამ, როგორც ზემონათქვამიდან გამოიკვება, მამუკა არ არის მინიატურების ავტორი. ისმება საკითხი—როგორ მოხდა, რომ მამუკა, პოემის უბრალო გადამწერი, ამასთანავე ტყვე, გამოსახულია ერთ-ერთ მინიატურაზე?

ლევან II-ის ზემომოყვანილ სიგელში ([12], გვ. 52) მის კარისკაცთა შორის მოხსენებულია „მეუვის მდივანი“ მამუკა თავაქალაშვილი. ეს მოწმობს, რომ, ნიუხედავად ტყვეობისა, მამუკას გარკვეული მდგომარეობა უკავია ლევან II-ის კარზე და იგი ატარებს მეფის მდივნის სანემკვიდრო წოდებას.

ის გარემოება, რომ H 599 კოდექსის დამსურათებელი მხატვარი ათავსებს გადამწერ მამუკას გამოსახულებას და მის სახელს აღნიშნავს განმმარტებელ წარწერაში, ამავე დროს თავის თავს ნებას არ აძლევს არამცთუ მოათავსოს თავისი გამოსახულება, არამედ თავისი სახელიც კი ახსენოს, მიუთითებს შემდეგზე: ჯერ ერთი, მას ლევან II-ის კარზე მეტად უმნიშვნელო ადგილი უჭირავს. გარდა ამისა, იგი შესაძლოა დამოკიდებულ, დაქვემდებარებულ მდგომარეობაში იმყოფება H 599 კოდექსის გადამწერი მამუკას მიმართ.

1634 წელს ბაღდადთან ბრძოლის დროს როდესაც მამუკა ჩავარდნილა ტყვედ, ტყვედ იქნა წაყვანილი მრავალი იმერელი და კახელიც (იხ. 1647 წლის სიგელი [15], გვ. 463).

ვინაიდან თავის ტყვეობამდე მამუკას იმერეთის სამეფო კარზე თვალსაჩინო ადგილი ეჭირა, მას, როგორც ყოველ კარისკაცს, თავისი დაახლოებულნი და მსახურნი უნდა ჰყოლოდა. საფიქრებელია, რომ ერთ-ერთი მათგანი იყო მამუკას მიერ გადაწერილი H 599 ხელნაწერის ილუსტრატორი. ამ შემთხვევაში გასაგებია, რომ იგი ტყვეობაშიც თავისი ბატონის—მამუკას მსახურად იყო და მისი პორტრეტი მოათავსა ერთ-ერთ მინიატურაზე, მიუხედავად იმისა, რომ მამუკა პოემის გადაწერის არათვალსაჩინო როლს ასრულებდა.

H 599 ხელნაწერის მინიატურები თავისი სტილით ძლიერ განსხვავდება ამ დროის სხვა ქართული ხელნაწერების დახვეწილი კალიგრაფიული მინიატურებისაგან, რომელთაც ირანის ხელოვნების ზეგავლენის კვალი ემჩნევა და იმდროინდელი საქართველოს ფეოდალური საზოგადოების მაღალი წრის გემოვნებაზე ლაპარაკობენ.

H 599 ხელნაწერის მინიატურები თავისუფალია უწინ გამომუშავებული სქემებისაგან, იკონოგრაფიული შაბლონებისა და შტამპებისა და უცხოური გავლენისაგან. ისინი თუმცა შესრულებული არიან პრიმიტიულად, არამაღალი პროფესიული ოსტატობით, მაგრამ მეტყველი და თავისთავადნი არიან და

(¹ ამ მინიატურის ფრაგმენტი მოცემულია დ. გორდეგის წერბრში ([14]—ჩართული ტაბულა), ხოლო მთლიანად მინიატურა მოთავსებულია შ. ამირანაშვილის „ქართული ხელოვნების ისტორიაში“ ([3], ტაბულა 189).

ამით იჩენენ მიდრეკილებას წმინდა ხალხური ხელოვნების ნაწარმოებებისადმი. ეს თავის მხრივ მიუთითებს იმაზე, რომ H 599 ხელნაწერის უცნობი მხატვარი საზოგადოების უმაღლესი კლასის წარმომადგენელი კი არ არის, არამედ ხალხის წიაღიდანაა გამოსული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ქართული ხელოვნების ისტორიის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.7.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ქართულ ხელნაწერთა აღწერილობა. საქართველოს საისტორიო და საეთნოგრაფიო საზოგადოების ყოფილი მუზეუმის ხელნაწერები (H კოლექცია), ტომი II, თბილისი, 1951.
2. კ. კეკელიძე. ძველი ქართული მწერლობის ისტორია, ტ. II, მესამე გამოცემა. თბილისი, 1952.
3. Ш. Я. Амиранашвили. История грузинского искусства, т. I, Москва, 1950.
4. შ. ამირანაშვილი. შოთა რუსთაველის პოემა „ვეფხისტყაოსანი“ ძველ ქართულ ხელოვნებაში, ვნიმკის მოამბე, ტ. III, თბილისი, 1938, გვ. 135—155.
5. შ. ამირანაშვილი. ქართული საერო მხატვრობის წარმოშობის საკითხისათვის. „ქართული მწერლობა“ № 6—7, თბილისი, 1927, გვ. 175—207.
6. Ш. Я. Амиранашвили. „Витязь в тигровой шкуре“ и древнегрузинское искусство. Сборник «Шота Руставели и его время». М., 1939, стр. 237—269.
7. Ш. Я. Амиранашвили. «Витязь в тигровой шкуре» в грузинской миниатюре газ. «Заря Востока», 1937 г. 17 мая, № III (4132).
8. შოთა რუსთაველი. ვეფხისტყაოსანი. რედაქცია და წინასიტყვაობა ს. კაკაბაძისა. თბილისი, 1927.
9. ა. ბარამიძე. შაჰ-ნამეს ახლად აღმოჩენილი ქართული პროზაული ვერსია. „ლიტერატურული მემკვიდრეობა“, № 1, თბილისი, 1935.
10. Выставка Фирдоуси и грузино-иранские связи в литературе и искусстве. Каталог. Гос. Музей Грузии и Музей Искусств „Метехи“, Тифлис, 1934—1935.
11. Г. Н. Чубинашвили. Иранские влияния в архитектуре Грузии. III международный конгресс по иранскому искусству и археологии. Доклады. Ленинград, 1935, М—Л, 1939.
12. ს. კაკაბაძე. დასავლეთ საქართველოს საეკლესიო საბუთები. № 1, თბილისი, 1921.
13. Е. С. Такайшвили. Описание рукописей «Общества распространения грамотности среди грузинского населения», т. II, вып. 1—4, Тифлис, 1906—1912.
14. Д. П. Гордеев. Иллюстрации к поэме Шота Руставели. ж. „Феникс“, № 1, Тифлис, 1918, стр. 1—4.
15. თ. ჟორდანიანი. ქრონიკები, № II, თბილისი, 1897.



მთ. რედაქტორი აკად. ნ. მუსხელი შვილი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 19.5.1955; შეკვ. № 570; ანაწყოების ზომა 7×11;
ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 6;
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 5; უე 03071; ტირაჟი 800.



დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

რედაქციის მისამართი: თბილისი, კახუნიძის ქ., 8

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XVI, № 6, 1955

Основное, грузинское издание